

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

AMMATTISOTILAIKEN KUORMITUSFYSIOLOGISET VASTEET SOTILAALLISEN HARJOITUKSEN AIKANA JA NIIDEN YHTEYS KUNTOINDEKSIIN

Sotatieteiden maisterin tutkielma

Kadetti

Jarno Tyyskä

Kadettikurssi 91

Tiedustelu- ja liikuntalinja

Maaliskuu 2008

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja	
Kadettikurssi 91	Tiedustelu- ja liikuntalinja	
Tekijä		
Kadetti Jarno Tyyskä		
Tutkielman nimi		
Ammattisotilaiden kuormitusfysiologiset vasteet sotilaallisen harjoituksen aikana ja niiden yhteys kuntoindeksiin		
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka	
Sotilaspedagogiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)	
Aika: Maaliskuu 2008	Tekstisivuja 75	Liitesivuja 1
TIIVISTELMÄ		
<p>Suomalaisten ammattisotilaiden kenttäkelpoisuus arvioidaan vuosittain suoritettavilla testeillä, jotka koostuvat fyysisen kunnon testeistä sekä palvelusammunnoista. Tällä hetkellä alin hyväksyttävä kenttäkelpoisuusluokka on kaksi (2.0). Viime vuosina taistelukentän kuva on kuitenkin muuttunut entistä vaativammaksi, joka vaatii sotilasjohtajilta yhä kovempaa fyysistä ja henkistä kuntoa. Suomessa ammattisotilaiden fyysistä kuormittumista sotilaallisen harjoituksen aikana ei ole juurikaan tutkittu, vaan tutkimukset ovat painottuneet varusmiesten ja reserviläisten tutkimukseen. Kuormitusfysiologisia muutoksia voidaan tutkia mittaamalla esimerkiksi hormonaalisia vasteita. Autonomisen hermoston muutoksia voidaan selvittää mittaamalla sykevälivaihtelua, joka on noninvasiivinen tutkimusmenetelmä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ammattisotilaiden kuormitusfysiologiset vasteet sotilaallisen harjoituksen aikana sekä miten ne ovat yhteydessä kuntoindeksiin.</p>		
<p>Koehenkilöinä oli yhdeksän (n=9) miespuolista ammattisotilasta, jotka toimivat sodanajan organisaation mukaisessa Karjalan Jääkäriprikaatin esikunta- ja viestipataljoonan keskeisissä johto-, päällikkö- ja asiantuntijatehtävissä. He osallistuivat mittauksiin sotilaallisen harjoituksen aikana, joka kesti viisitoista päivää. Ennen harjoitusta koehenkilöt suorittivat alkumittaukset, joilla selvitettiin heidän fyysisen kunnon lähtötaso sekä stressihormonitasot. Ennen harjoitusta koehenkilöt suorittivat myös liikunta- ja terveyskäyttäytymiskyselyn sekä henkisen kuormittumisen arviointikyselyn (POMS, Profile of Mood States). POMS kysely uusittiin samansisältöisenä harjoituksen viimeisen päivän aamulla. Hormonaalisia vasteita mitattiin alkumittauksen lisäksi harjoituksen 8. ja 15. päivinä.</p>		

Harjoituksen aikana koehenkilöiltä kerättiin kolmena vuorokautena sykevälivaihtelutietoa, alkaen mittauspäivän aamuna ja päättyen seuraavaan aamuun. Sykevälivaihtelutiedostot analysoitiin käyttämällä hyvinvointianalyysiä. Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS- ohjelmalla käyttäen toistettujen mittausten ANOVA:a.

Vapaa- aikana 11 % koehenkilöistä ei harrastanut juuri mitään liikuntaa. Viikoittain yhtenä tai useampana päivänä rauhallista ja verkkaista liikuntaa harrasti 33 % ja 56 % harrasti yhdestä kolmeen kertaan viikossa ripeää ja reipasta liikuntaa. Viimeisen kolmen kuukauden aikana liikunnan määrä oli 56 %:lla vähentynyt. 67 % koehenkilöistä ilmoitti kärsivänsä selkävaivoista. Alkumittausten perusteella koehenkilöiden keskimääräinen kuntoindeksi oli 3.0, joka vastaa Cooperin juoksutestin perusteella noin 44 ml/kg/min.

Sotilaallinen harjoitus ei ollut hengitys- ja verenkiertoelimistölle kuormittava. Kuormitusfysiologiset vasteet muodostuivat pääasiassa psyykkisten stressitekijöiden ja olosuhteiden yhteisvaikutuksesta. Harjoituksen aikana ei koehenkilöille muodostunut energiavajetta. Vapaan testosteronin määrä seerumissa laski koko harjoituksen ajan ja oli harjoituksen lopussa keskimäärin 17 % alkutilannetta alhaisemmalla tasolla. Lasku ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkittävä. Henkilökohtaiset erot olivat sen sijaan huomattavat. Henkilökohtaisia vapaan testosteronin vasteita selitti kuntoindeksi ($r = 0.665$, $p = 0.051$). Tämän tutkimuksen mukaan erottelevaksi fyysisen kunnon rajaksi muodostui kuntoindeksin taso 3.0, jonka omaavat henkilöt suoriutuivat kohtuuttomasti rasittumatta rauhanajan sotilaallisesta harjoituksesta. Unen määrällä oli merkittävä vaikutus elimistön kuormittumisen tasoon ($r = 0.783$, $p = 0.013$). Keskimääräinen vuorokautinen unen määrä oli 6h 20 min. Tämän tutkimuksen mukaan noin 5h 30 min yöuni on riittävä taso toimintakyvyn säilymisen kannalta sotilaallisen harjoituksen aikana. Kuormitusfysiologiset vasteet eivät vaikuttaneet merkittävästi koehenkilöiden mielialoihin. POMS- mieliala kyselyn perusteella koehenkilöt olivat harjoituksen jälkeen hieman ”kyllästyneempiä”, mutta ”paremmalla mielin” alkutilanteeseen verrattuna. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että sotilaallinen harjoitus ei ole fyysisesti kuormittavaa. Kuormittumista syntyy kuitenkin johtuen muista tekijöistä ja ammattisotilaiden kuntoindeksin tulisi olla vähintään tasolla 3.0, jotta rauhanajan tehtävissä ei kohtuuttomasti kuormituta.

Avainsanat: ammattisotilas, kenttäkelpoisuus, kuntoindeksi, stressihormonit, kuormittuminen, sykevälivaihtelu

AMMATTISOTILAJEN KUORMITUSFYSIOLOGISET VASTEET SOTILAALLISEN HARJOITUKSEN AIKANA JA NIIDEN YHTEYS KUNTOINDEKSIIN

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. NYKYAIKAINEN TAISTELUKENTTÄ	3
2.1. Nykyaikaisen taistelukentän kuva.....	3
2.2. Taistelukentän fyysiset vaatimukset	4
2.3. Taistelijan kuormittumiseen vaikuttavat tekijät.....	6
2.4. Esikunta- ja viestipataljoonan esikunnan henkilöstön tehtävät.....	8
3. KENTTÄKELPOISUUS	11
3.1 Kenttäkelpoisuus Puolustusvoimissa	11
3.2 Kenttäkelpoisuus muissa asevoimissa.....	11
3.3 Työkyvyn mittaamisesta	12
3.4 Kenttäkelpoisuuden määrittäminen ja mittaaminen.....	14
4. AUTONOMINEN HERMOSTO JA SEN TOIMINTA	18
5. ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN PITKÄKESTOISESSA RASITUKSESSA.....	20
5.1 Energia- aineenvaihdunta.....	20
5.2 Energiantuotto pitkäkestoisessa suorituksessa.....	22
5.3 Verenkierto- ja hengityselimistön kuormittuminen	23
5.4 Veri ja sen ominaisuudet.....	24
5.5 Verenkierron säätelyjärjestelmät.....	26
5.6 Endokrinologinen järjestelmä	27
5.6.1 Hormonitasojen säätelytekijät	
5.6.2 Fyysisen harjoittelun ja sotilastehtävien vaikutukset hormonivasteisiin	
5.7 Kuormittumisen vaikutukset sykevälivaihteluun.....	32
6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	33
7. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	35
7.1. Koehenkilöt	35
7.2 Koeasetelma	36
7.3 Sotilaallisen harjoituksen kuvaus.....	37
7.4 Empiirisen aineiston hankinta	37

7.5 Tilastolliset analyysit	41
8 TUTKIMUSTULOKSET	42
8.1 Liikunnallisuus, terveys sekä fyysinen kunto	42
8.2 Hormonimuutokset.....	43
8.3 Verenkuvan muutokset.....	48
8.4 Henkinen vireystila	49
8.5 Sykevälivaihtelumuuttujat	50
8.6 Harjoituksen aikainen unen määrä	51
8.7 Hormonimuuttujien ja kuntoluokan sekä unen määrän väliset yhteydet	52
8.8 Stressireaktioiden yhteys unen määrän kanssa	53
8.9 Stressireaktioiden yhteys elimistön kuormittumiseen.....	55
9 POHDINTA	56
9.1 Kuntoindeksin vaikutus fysiologisiin vasteisiin	56
9.2 Unen vaikutus fysiologisiin vasteisiin	57
9.3 Fyysisen reservin yhteys fysiologisiin vasteisiin	58
9.4 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu	60
9.5 Tutkimuksen haasteet.....	61
9.6 Tutkimustulosten soveltaminen ja jatkotutkimusmahdollisuudet.....	62
9.7 Johtopäätökset	64
9.8 Lessons learned	64
10 LÄHTEET.....	65
LIITTEET	76

AMMATTISOTILAIEN KUORMITUSFYSIOLOGISET VASTEET SOTILAALLISEN HARJOITUKSEN AIKANA JA NIIDEN YHTEYS KUNTOINDEKSIIN

1. JOHDANTO

Sotilaiden fyysistä toimintakykyä on tutkittu paljon. Tutkimusta ovat vauhdittaneet nykyaikaisen taistelukentän kuvan muuttuminen entistä teknistyneemmäksi. Tekniikka mahdollistaa taisteluiden jatkuvan käynnin riippumatta vuoden- tai vuorokauden ajasta. Lisäksi varustuksen paino on jatkuvasti noussut lisäsuojan saamisen myötä. Nämä uudistukset vaativat nykyaikaiselta sotilaalta yhä lisääntyvää kykyä toimia taistelukentän olosuhteissa tarvittaessa kaksi viikkoa yhtäjaksoisessa taistelukosketuksessa.

Tulevaisuuden sodankäynnille on ominaista intensiivisten taistelutilanteiden jatkuvuus, joita arvioidaan käytävän kiivaissa, rajuissa ja nopeasti muuttuvissa olosuhteissa, joka edellyttää edelleenkin taistelijoilta hyvää suorituskykyä. On todennäköistä, että yhtämittaisesti jatkuvat taistelut synnyttävät fyysisen rasituksen lisäksi yhä enenevässä määrin stressiä ja taistelustressireaktioita (combat stress reactions). Stressireaktiot pitkittyessään aiheuttavat voimakkaasti toimintakyvyn heikkenemistä. Erityisesti joukon johtajien tulee olla fyysisesti ja henkisesti kestäviä ja kykeneviä johtamaan joukkojaan menestyksekkäästi univelasta ja tappioista huolimatta (Koskenvuori 1993, 474- 476; Toiskallio 1998).

Aikaisemmat tutkimukset ovat keskittyneet sotilailta vaadittavien fyysisten ominaisuuksien selvittämiseen taistelukentän olosuhteissa. Suomessa nämä tutkimukset ovat painottuneet varusmiesten mittaamiseen ja heidän kuntonsa kartoittamiseen. Saatujen tulosten perusteella on kehitetty varusmiehille annettavaa liikuntakoulutusta. Ammattisotilaisiin kohdistunut (palkattu sotilashenkilökunta) tutkimus on ollut merkittävästi vähäisempää.

Puolustusvoimissa ammattisotilaiden fyysinen ja sotilastaidollinen suorituskyky arvioidaan kenttäkelpoisuustesteillä. Sotilasta pidetään kenttäkelpoisena, kun hän saavuttaa vuosittaisissa kenttäkelpoisuustesteissä luokkatason kaksi. Huonokuntoista ammattisotilasta (kenttäkelpoisuusluokka alle 2.0) ei määrätä fyysisesti vaativiin harjoituksiin, ei valita jatkokoulutukseen eikä kansainvälisiin tehtäviin. Häntä ei esitetä myöskään ylennettäväksi, nimitettäväksi ylem-

pään virkaan eikä määrättäväksi vaativampaan sodanajan tai rauhanajan tehtävään (PEkouloos:n PAK A 04:03:01).

Joidenkin muiden maiden asevoimissa sotilaan tulee olla riittävän hyvässä fyysisessä kunnossa, jopa viran menettämisen uhalla. Esimerkiksi Hollannin armeijassa käynnistetään irtisanomismenettely, jos ammattisotilas ei läpäise fyysisen kunnan testejä harjoitteluajan jälkeenkään (Haaja 2004). Suomessa ei ole vastaavaa käytäntöä, eikä Suomessa ole juurikaan sanktioitu testien suorittamatta jättämistä.

Sotilaiden tulee olla jo rauhan aikana hyvässä fyysisessä kunnossa. Kriisien eskaloituessa ei ehditä parantamaan fyysistä suorituskkyä. Sotatoimien aikana on todettu fyysisen suorituskyyvyn heikkenemistä. Fyysisessä kunnossa tulee olla fyysistä reserviä. Varsinkin Yhdysvaltojen asevoimissa nähdään fyysinen reservi tärkeänä. Persianlahden sodassa yhden pataljoonan taistelu epäonnistui, koska tykistön tuliasemamiehistö ei jaksanut tehtävän edellyttämällä tavalla. (David 1995).

Taistelukentän vaatimuksia on käsitelty useissa Puolustusvoimissa tehdyissä tutkimuksissa. Haaja on diplomityössään (2004) kartoittanut eri asevoimien maavoimien ammattisotilaiden fyysisen suorituskyyvyn harjoittamista, nykytilaa ja esityksiä kehittämiseksi. Haaja on tuonut selkeästi ilmi muiden maiden kenttäkelpoisuustestistöjä ja ne taistelukentän elementit, joita tutkimuksen kohteena olevissa maissa painotetaan. Koski on esiupseerikurssin tutkielmassaan (1997) tutkinut jalkaväen taistelutehtävien fyysisten suorituskyyvyn vaatimuksia. Tutkimuksessa on päädytty johtopäätökseen, että jalkaväen taistelijoiden tulisi edustaa fyysiseltä kunnoltaan Puolustusvoimien valiojoukkoa. Samaan johtopäätökseen on päätynyt myös Viskari (1999) tutkiessaan jääkäriryhmän hyökkäystaistelua. Santtila (2002) on tutkinut mm. varusmiesten liikuntakoulutuksen muutokseen johtaneita syitä. Santtila on tutkimuksessaan todennut, että Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen ohjelma kestää hyvin kansainvälisen vertailun. Hänen mielestään Suomessa liikuntakoulutus on monipuolisempaa ammattiarmeijoihin verrattuna.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää yhdeksän eri ammattisotilaan kuormittuminen rauhanajan sotaharjoituksessa omassa sodanajan sijoituksen mukaisessa tehtävässä. Kuormittumista arvioitiin keräämällä sotilaallisen harjoituksen aikana tietoa testattavien sykevälivaihtelusta sekä mittaamalla heidän stressihormonitasoja. Tuloksia täydennettiin lisäksi pitämällä sotapäiväkirjaa, suorittamalla liikunta- ja terveystyhtymiskysely ja mielialoja kartoittava POMS- kysely (Profile of Mood States) (liite 1).

2. NYKYAIKAINEN TAISTELUKENTTÄ

2.1. Nykyaikaisen taistelukentän kuva

Yhteiskunnan muuttuessa tietoyhteiskunnaksi on sodankäynnissä siirrytty kohti johtamis- ja tietosodankäyntiä. Sodalle on tunnusomaista kolme ulottuvuutta; maa-, meri- ja ilmakomponentti. Aikatekijä on noussut tärkeäksi, neljänneksi tekijäksi. Olennaista on keskittää voimat oikeaan aikaan ja paikkaan. Viides elementti nykyaikaisella taistelukentällä on sähkömagneettinen spektri, jonka hallitsija kykenee näkemään, kuulemaan ja johtamaan taistelukentällä. (Kosola & Solante 2003, 12- 13).

Kriisien äkillisyyden ja lyhytkestoisuuden vuoksi ei kyetä eikä ehditä hyödyntämään yhteiskunnan kaikkia voimavaroja vaan pyritään määrän sijasta laadulliseen ylivoimaan. Joukot ovat pienempiä ja teknologisempia. Pienuus on tässä tapauksessa joukon toiminnalle etu, jolloin sen operatiivinen ja taktinen liikkuvuus on parempi kuin ison joukon ja tappiot muodostuvat pienemmiksi. Teknistyminen mahdollistaa operaatioiden suorittamisen äärimmäisissä ilmasto- ja maasto-olosuhteissa kaikkina vuorokauden- ja vuodenaikoina. Asutuskeskustaisteluiden todennäköisyys kasvaa, joissa kevyillä joukoilla on etulyöntiasema panssaroituja joukkoja vastaan. (Kosola & Solante 2003, 13). Teknistyminen ei kuitenkaan vähennä henkilöstön fyysisen kunnon merkitystä. Taistelukentän rasituksista ei tulevaisuudessakaan selvitä ilman jokaiselta sotilailta vaadittavaa hyvää kuntoa (Tilander 1999). Jokaisessa operaatiossa korostuu myös yllättävät tilanteet. Tällöin toimintaympäristö on kaoottinen, jossa pitää pystyä toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla hallitakseen kaaosta. (Neretnieks 2006).

Suomalaisen käsityksen mukaan vastustaja pyrkii strategiseen päämäärään nopeasti ottamalla haltuun aloitteen ja sodan kulun ohjauksen käyttämällä tiedustelu- ja tulenjohtojärjestelmiä sekä erikoisjoukkojen iskuja syvyydessä. Taistelukentällä vaikuttavia uhkamalleja voivat olla laajamittainen hyökkäys tai tuhoisa, lyhytkestoinen strateginen isku. Laajamittaisessa hyökkäyksessä taisteluja käydään koko valtakunnan alueella pyrkimyksenä avainalueiden haltuunotto sekä tärkeimpien infrastruktuurin elementtien tuhoaminen. Strategisella iskulla tarkoitetaan nopeaa, lyhytkestoista ja tuhoavaa iskua kohteenaan yhteiskunnan tärkeimpien kohteiden ja toimintojen tuhoaminen ja lamauttaminen. Tavoitteena on poliittisen ja sotilaallisen johdon pakottaminen hyökkääjän kannalta edulliseen ratkaisuun. (Yhtymän taisteluohjesääntö luonnos 2000, 7-10). Maasodankäynti 2020 raportin mukaan taistelukentän tekniset ja älylliset vaatimukset edellyttävät sotilailta epäitsekkyyttä, älyllistä ja fyysistä sitkeyttä, vastuun

kantamista ja kykyä tehdä päätöksiä ja ottaa aloite käsiin (Maasodankäynti vuonna 2020, suomennos NATOn RTON teknisestä raportista Land Operations in the Year 2020).

2.2. Taistelukentän fyysiset vaatimukset

Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä on tuottaa fyysisesti riittävän suorituskyyisiä joukkoja sodan ajan tarpeisiin. Tuotettujen sodan ajan joukkojen on kyettävä säilyttämään taistelukuntonsa vähintään kahden viikon mittaisen jatkuvan taistelukosketuksen ajan sekä sen lisäksi pystyttävä vielä keskittämään kaikki voimavaransa 3- 4 vuorokauden ratkaisutaisteluihin. Sotilaiden ja muun palkatun henkilöstön toimintaan liittyy myös rauhan ajan työtehtävät. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01).

Taistelijoilta vaadittavat fyysiset vaatimukset eivät ole vähentyneet sodankäynnin teknistymisessä. Viimeaikaiset sodat ovat osoittaneet, että jokaiselta johtamis- ja suoritustasolta vaaditaan riittävän hyvää fyysistä suorituskyyä (Tilander 1999). Vaatimukset koskevat kaikkia aselajeja, huolto mukaan lukien. Persianlahden sodassa huomattiin jalkaväen (USA) fyysisesti huonoimman kolmanneksen olevan tykistön tuliasemamiehistö ja huoltojoukot, jotka eivät maasotavaiheen aikana jaksaneet toimia tehtävän edellyttämällä tavalla. Havaintona oli myös, että pitkän maasotavaiheen aikana joukkojen fyysinen suorituskyy laski varsin nopeasti, eikä sen palauttamiseksi sotatoimien aikana ollut aikaa. Tästä johtuen joukkojen fyysisen suorituskyyvyn olisi oltava korkealla tasolla jo ennen operaatioiden alkua. (David 1995). Tutkimusten mukaan palautuminen kovasta fyysisestä rasituksesta on nopeampaa hyvässä aerobisessa kunnossa olevalle (Hoffman 1997).

Erikoisjoukoille on fyysiset vaatimukset hapenotollisesti arvioitu 55- 60 ml/kg/min, joka vastaa 3000 metriä Cooperin testissä. Lindholmin (2007) mukaan erikoisjoukoilla, kuten tiedustelijoilla, tulee hapenotto olla 57- 58 ml/kg/min. Liikkuvaan hyökkäystaisteluun suunniteltujen joukkojen tulisi pystyä hapenotollisesti 55 ml/kg/min, joka vastaa 2800 metriä Cooperin testissä ja tukevillakin joukoilla tulisi olla hapenoton arvo 45- 50 ml/kg/min, joka vastaa 2600 metriä Cooperin testissä. Lisäksi fyysisinä vaatimuksina ovat hyvä lihastasapaino ja koordinaatiokyky, jolloin lihaskuntoindeksin on oltava vähintään hyvä. Lisäksi taistelijoilla pitää olla hyvät maastossa liikkumisen taidot. Henkisellä ja fyysisellä kestävyydellä on todettu olevan selkeä yhteys. (Santtila 2004: Kouluttajan Opas 2006, 143). Israelin sotilaille tehty fyysisen kunnan tutkimus osoitti hävittäjälentäjillä ja tukevien joukkojen sotilailla olevan yhtä suuret hapenoton arvot (41 ± 10 ml/kg/min). Tupakoitsijoilla havaittiin selkeästi pienempiä hapenotonarvoja. Tulos oli tutkijoille yllättävä, koska aiemmin kuviteltiin kenttäsootilaiden

(field) olevan paremmassa kunnossa kuin tukevien (support) joukkojen. Johtopäätöksenä oli se, että sotilaita ei tulisi asettaa eri tehtäviin pelkästään fyysisen suorituskyvyn perusteella. Tehtäviä määrättäessä huomioon tulisi ottaa oma halukkuus, motivaatio ja sosiaaliset tekijät. (Huerta ym. 2004).

Tulevaisuuden operaatioissa korostuu taistelukyvyyn säilyttäminen, jolloin lukumäärällisesti entistä vähäisemmät taistelijat joutuvat yhä suurempien rasitusten kohteeksi ja kiivastempoisista taisteluista johtuen joudutaan toimimaan väsyneenä (Kosola & Solante 2003, 14). Taistelukenttä on fyysisesti ja henkisesti erittäin raskas, jolloin korostuu sotilaan toimintakyky eli henkinen ja fyysinen kestävyys kaikkina vuorokauden ja vuodenaikoina sekavissa ja epävarmoissa tilanteissa (Toiskallio 1998, 26).

Toimintakyvyn on pysyttävä hyvänä useita vuorokausia kestävässä taisteluissa. Samalla taistelijan on kyettävä työskentelemään 25 kiloa painavan taisteluvälineiden ja 35- 40 kiloa painavan kenttävarustuksen kanssa sekä kantamaan ryhmäkohtaisia varusteita ja taisteluvälineitä (Viskari ym. 1999). Lisäkuorma vaikuttaa varsinkin kevyisiin, alle 60 kilogrammaa painaviin taistelijoihin tuntuvasti, jos varustuksen paino ylittää 35 prosenttia kehon painosta (Viskari ym. 1999). Tutkimusten mukaan voi taistelijan lisäkuorma olla enintään 30 prosenttia hänen kehon painosta (Knapik ym. 2004). Tutkimuksissa on lisäksi todettu, että varsinkin nuorilla sotilailla ei ole sodan edellyttämää riittävää fyysistä kuntoa (O'Connor ym. 1990). Edellä mainittujen fyysisten vaatimusten perusteella arvioidaan, että varusmiehillä kuntotesteillä mitattaessa fyysisten suorituskyvyn tavoitteiden tulee olla seuraavat:

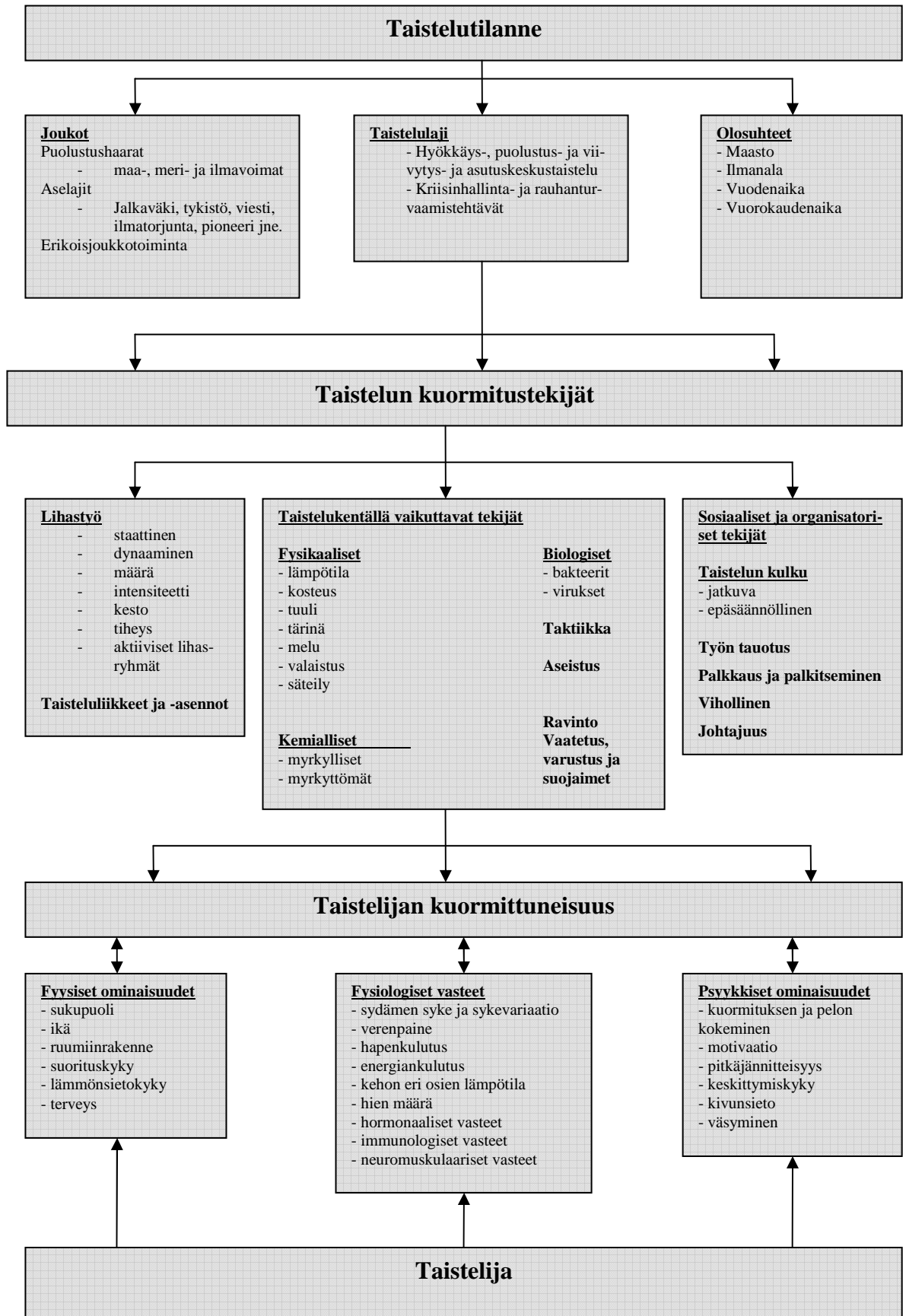
Kestävyys: 12- minuutin juoksutesti vähintään 2800 metriä

Lihaskunto: lihaskuntoindeksi vähintään hyvä (Santtila 2002)

Lisäksi jokaisella taistelijalla tulee olla ampumataidon lisäksi hyvä maastossa liikkumisen taito niin kesällä kuin talvellakin. Asutuskeskuksessa taistelevilta edellytetään nopeutta, ketteryyttä sekä anaerobista suorituskkyä ja voima- ja nopeuskestävyyttä. (Santtila 2002).

2.3. Taistelijan kuormittumiseen vaikuttavat tekijät

Taistelukentällä yksittäisen taistelijan kuormittuminen koostuu taistelutilanteesta, taistelujen kuormitustekijöistä, taistelijan kuormittumisesta ja taistelijan omista ominaisuuksista. Kuvas-
ta 1 ilmenee, että taistelijan kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä on runsaasti. Taistelutilanne
ja joukon tehtävä vaikuttaa yksittäisen sotilaan kokemaan kuormitukseen merkittävästi. Tästä
johtuen on määritetty eri suorituskyyrvoja etulinjan ja tukevien osien taistelijoille. Tosin
eräät havainnot eivät tue edellä mainittuja rajoja (David 1995). Taistelutilanteesta johtuen itse
taistelu kuormittaa taistelijaa johtuen lihastyön tavasta, taistelukentällä vaikuttavista tekijöistä
sekä sosiaalisista ja organisatorisista tekijöistä. Kuormittumisen taustalla on itse taistelijan
toimintakyvyn osa- alueet. Näiden eri tekijöiden summavaikutus on taisteliiaan kohdistuva
kuormitus taistelukentällä.



Kuva 1. Taistelijan kuormittuminen ja taistelun kuormitustekijät. (Kyröläinen ja Santtila 2006b, 229)

2.4. Esikunta- ja viestipataljoonan esikunnan henkilöstön tehtävät

Karjalan Jääkäriprikaati (KARJPR) on itsenäiseen operaatioon kykenevä sodanajan valmiusyhtymä. KARJPR:iin kuuluu kolme jääkäripataljoonaa, pioneeripataljoona, ilmatorjuntapatteristo, kenttätukirykmentti, esikunta- ja viestipataljoona sekä huoltopataljoona. Tässä kappaleessa esitellään ne esikunta- ja viestipataljoonan (EVP) upseerien tehtävät, jotka olivat tutkimuksen tarkastelun kohteena. Lähteenä on käytetty EVP:n käsikirjaa (Valmiusprikaatin esikunta- ja viestipataljoonan käsikirja 2005).

Pataljoonapääseuri (PUPS), toimii esikunta- ja viestipataljoonan komentajan lähimpänä apulaisena ja ensimmäisenä sijaisena ja johtaa esikunta- ja viestipataljoonan esikunnan (EVPE) työskentelyä sekä toimii EVPE:n suunnitteluosan päällikkönä (kuva 2). Pataljoonapääseuri johtaa esikunnassa pidettävät tilanneselostukset ja käskynantotilaisuudet sekä taistelukäskyn laatimisen ja kokoaa sen tuotokset taistelukäskyksi. Siirryttäessä uudelle alueelle PUPS johtaa EVP:n siirrot ja uudelle alueelle ryhmittymisen. PUPS vastaa tilanneilmoitusten kokoamisesta ja niiden toimittamisesta tarvitsijoille sekä pataljoonan sotapäiväkirjan ylläpidosta. Lisäksi tehtäviin kuuluu pataljoonan koulutuksen suunnittelu ja johtaminen.

Vuoropäällikkö, johtaa pataljoonan tilanneosaa. Tilanneosan tehtävinä ovat pataljoonan taistelun johtaminen toimeenpano- oikeuksiensa mukaisesti ja osallistuminen pataljoonan suunnitteluprosessiin. Tilanneosa muodostaa ja ylläpitää EVP:n tilannekuvaa ja huolehtii tilannekuvan jakamisesta kaikille sitä tarvitseville. Laatii lisäksi EVP:n taistelunjohtosuunnitelman EVP:n komentajan antamien perusteiden mukaisesti. Tilanneosan tehtäviin kuuluvat lisäksi yksiköiden toiminnan valvonta, komentajan pitäminen tilanteesta tietoisena, yhteydenpito taistelunjohtokeskuksiin, johtamispaikkaluettelon ylläpitäminen sekä yksiköiden tilanneilmoitusten kokoaminen pataljoonan tilanneilmoitukseksi. Tilanneosassa työskentelee vuoropäällikön alaisina kaksi tilanneupseeria.

Viestiliikenneupseeri (VUPS), johtaa EVP:n yksiköiden viestiliikenteen käytännön toteuttamista, osallistuu EVP:n suunnitteluun suunnittelu- ja johtamisprosessin määrittämällä tavalla, vastaa yhtymän viestikäskyn jakelusta, kirjanpidosta ja päivittämisestä EVP:ssa. VUPS osallistuu pataljoonan suunnitteluosan toimintaan pataljoonapääseurin määrittämällä tavalla ja pataljoonan taistelukäskyn laatimiseen valmistelemalla esikunnan liittämisen viestiverkkoihin.

Kuljetusupseeri (KULJUPS), toimii EVP:n täydennys- ja kuljetusupseerina ja seuraa tiedon käyttömahdollisuuksia, sulutteita ja miinoitteita yhtymän alueella. Pitää EVPE:n ja yksiköt

tietoisina yhtymän alueen tienkäyttömahdollisuuksista. Osallistuu EVP:n suunnitteluun suunnittelu- ja johtamisprosessin määräämällä tavalla sekä Prikaatin esikunnan ja EVP:n siirtojen suunnitteluun. Osallistuu pataljoonan huoltokäskyn laatimiseen huoltopäällikön määräämällä tavalla. Seuraa täydennysten ja kuljetusten toteutusmahdollisuuksia EVP:n toimintaan liittyen. Järjestää ja johtaa tarvittavat kuljetukset sekä materiaalin siirrot ja johtaa huoltokomppanian työkoneiden käytön suunnittelua.

Tietojärjestelmäupseeri, osallistuu Prikaatin tietojärjestelmien suunnitteluun ja vastaa pataljoonan esikunnan liittämistä Prikaatin tieto- ja viestijärjestelmiin. Osallistuu EVP:n suunnitteluun suunnittelu- ja johtamisprosessin määräämällä tavalla. Osallistuu pataljoonan taistelukäskyn laatimiseen suunnittelemalla tietojärjestelmien käyttöä sekä EVPE:n tilanneosan toimintaan oman toimialansa puitteissa. Osallistuu lisäksi Prikaatin esikunnan tietojärjestelmien suunnitteluun yhteistoiminnassa esikunnan viestikeskusjoukkueen atk-ryhmän kanssa ja viestiverkkojen suunnitteluun tietoverkkojen käytön asiantuntijana. Pitää yhteyttä ylempään johdotoportaaseen ja käyttökeskuksiin yhtymän rajapintojen perusteisiin (tietojärjestelmät) liittyvissä asioissa sekä toimii pataljoonan esikunnan atk- tukihenkilönä.

Viestikomppanian päällikkö. Viestikomppanian tehtävänä on rakentaa ja ylläpitää yhtymän viestijärjestelmän runko sekä liittää siihen Prikaatin esikunta, komentopaikka ja tärkeimmät alajohtoportaat. Viestikomppaniaan kuuluu päällikkö, varapäällikkö, komentojoukkue, kuusi viestikeskusjoukkuetta, valvomojoukkue ja telejoukkue. Viestikomppanian johtamistoiminta on yksityiskohtaista joukkue- ja asematason johtamista 0 - 6 tunnin aikajänteelle. Valvomojoukkueen telesuunnittelu- ja valvontaryhmät sekä verkonhallintaryhmät suunnittelevat ja valvovat perustettuja viestiverkkoja. Ryhmistä voidaan tarvittaessa irrottaa tilanneupseereita komppanian komentopaikalle. Näin komppanian päällikkö voi käyttää valvomoryhmien henkilöstöä sekä kalustoa johtamistoimintansa tukena. Komppanian päällikkö osallistuu tarvittaessa EVPE:n työskentelyyn erikseen käskettäessä. Komppanian päällikkö johtaa yksikköään esi- ja erilliskäskyin. Yhteistoiminta pataljoonan muiden yksiköiden välillä korostuu erityisesti johtamispaikkojen siirroissa ja vastualueen valvonnassa.

Viestikomppanian varapäällikkö toimii päällikön ensimmäisenä sijaisena ja huolehtii päällikön kanssa yhteistoiminnassa yksikön tehtävien toteuttamisesta.

Huoltokomppanian päällikkö. Huoltokomppania perustaa pataljoonan huoltokeskuksen. Se vastaa EVP:n ja Prikaatin esikunnan (PRE) huoltamisesta. Huoltokomppaniaan kuuluu päällikkö, varapäällikkö, huoltopalvelujoukkue, kuljetus- ja täydennysjoukkue, kunnossapitojouk-

kue. Huoltokomppania perustaa ja ylläpitää pataljoonan elintarvikkeiden, taisteluvälineiden ja polttoaineen jakopaikat sekä EVP:n kunnossapitopaikan esikunta- ja viestipataljoonan komentajan käskyn mukaisesti. Päällikkö osallistuu pataljoonan esikunnan työskentelyyn erikseen käskettäessä. Hän johtaa yksikköään esi- ja erilliskäskyin. Yhteistoiminta pataljoonan muiden yksiköiden välillä korostuu erityisesti johtamisaikojen siirroissa ja vastualueen valvonnassa.

Esikuntakomppanian päällikkö. Esikuntakomppania suunnittelee ja toteuttaa Prikaatin esikunnan kulunvalvonnan ja vartioinnin, lähetti- ja esikuntapalvelut sekä viesti- ja tietojärjestelmäpalvelut pataljoonan komentajan käskyn mukaisesti. Suunnittelu on yksityiskohtaista ulottuen 0 - 6 tunnin aikajänteelle. Komppanian päällikkö osallistuu pataljoonan esikunnan työskentelyyn erikseen käskettäessä. Komppanian päällikkö johtaa yksikköään esi- ja erilliskäskyin. Yhteistoiminta pataljoonan muiden yksiköiden kanssa korostuu erityisesti Prikaatin ja esikunta- ja viestipataljoonan johtamisaikojen siirroissa sekä vastualueen valvonnassa. Päällikkö saa tilannetietoja pataljoonan esikunnan ilmoituksista ja joukkueiden tilanneilmoituksista.



Kuva 2. Vasemmalla EVPE:n työskentelytila. Oikealla EVPE:n kaksi esikuntavaunua (EPA) maastoutettuna.

3. KENTTÄKELPOISUUS

3.1 Kenttäkelpoisuus Puolustusvoimissa

Kenttäkelpoisuudella pyritään kuvaamaan sotilaan kykyä selviytyä taistelukentän olosuhteissa. Pääesikunta on määritellyt kenttäkelpoisuuden seuraavasti: ” Kenttäkelpoisuus tarkoittaa yksilön fyysistä kuntoa ja ampumataittoa sekä taitoa liikkua kaikissa taistelukentän oloissa tehtävän mukaisesti varustettuna eri vuoden ja vuorokauden aikoina. Henkinen kunto on tärkeä sotilaan suorituskykyyn vaikuttava ominaisuus, joka ilmenee sitkeytenä, peräänantamattomuutena, rohkeutena ja voitontahtona.” (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01).

Sotilasjoukon muodostavat yksittäiset sotilaat. Joukon on suoriuduttava sille annetuista tehtävistä ja suoritusvaatimuksista eli sen on oltava taistelukelpoinen. Joukon taistelukelpoisuus on kokonaisuus, joka koostuu yksilön ja joukon toimintakyvystä sekä käytettävissä olevasta teknologiasta ja aseistuksesta ja varustuksesta. Rauhan aikana tulee oppia tiedot ja taidot siitä, kuinka kovan fyysisen rasituksen aikana säilytetään taistelukelpoisuus (Santtila 2002). Taistelukelpoisuuteen vaikuttavat myös toimintaympäristö ja vihollisen toiminta (PEkoul- os:n PAK C 1:8). Taistelijoille tulee rakentaa sellainen fyysinen suorituskyky, että he kykenevät palautumaan kovasta fyysisestä rasituksesta pysyäkseen mahdollisimman toimintakykyisinä ja kykenevät jatkamaan tehtäväänsä tai aloittamaan uuden taistelutehtävän mahdollisimman nopeasti. Pelkkä fyysinen suorituskyky tai toimintakyky ei takaa taistelukentällä menestymistä. Selvitäkseen taistelukentällä sotilaalla täytyy kaikki toimintakyvyn osa- alueet olla kunnossa. Hyvässäkin fyysisessä kunnossa oleva sotilas voi romahtaa, jos henkinen kunto pettää (Helminen 2001, 37).

3.2 Kenttäkelpoisuus muissa asevoimissa

Jokaisella maalla on omanlainen kuntotestistö, joka on rakentunut jokaisen maan taistelukentän kuvauksen perusteella. Kenttäkelpoisuutta testattaessa ja mitattaessa on syytä arvioida, testataanko oikeita asioita. Ruotsissa ei ole ikä eikä sukupuolirajoja, vaan suoritusvaatimukset ovat kaikille samat. Vaativuustasoon vaikuttaa joukko- osaston sodanajan tehtävä. Yhdysvalloissa käytössä ollut Army Physical Fitness Test (APFT) on poistettu käytöstä ja uutta testiä kehitellään. Se ei enää vastannut työn asettamiin vaatimuksiin. (Haaja 2004, 77). Yhdysvalloissa suoritettun seurantalutkimuksen perusteella sotilaiden voimatasot, mutta samalla rasvan ja painon määrä ovat kasvaneet kahdenkymmenen vuoden aikana (1978- 1998) (Sharp ym.

2002). Iso- Britanniassa suoritetuissa tutkimuksissa on havaittu kantamisen ja nostamisen olevan eniten tarvittavat fyysiset suoritukset taistelukentän olosuhteissa. Ammattiarmeijoissa suorituskyykyvaatimukset ovat muuttumassa massamaisesti mitattavista maksimaalisen hapenoton arvoista lähemmäksi tehtäväkohtaisia vaatimuksia vastaaviksi. (Haaja 2004, 21- 22 ja 77).

USA pitää fyysistä ja henkistä kestävyyttä tärkeänä sotilaan ominaisuutena. Fyysinen harjoittelu koetaan varuskuntaoloissa tärkeimmäksi päivän koulutustapahtumaksi. Kevyen jalkaväen fyysisen kunnan harjoitusohjelmaan (physical training, PT) kuuluu harjoituksia viitenä päivänä viikossa. Testejä ovat muun muassa 6.44 kilometrin (4 mailia) juoksu urheiluvarustuksessa 36 minuuttiin ja 19.31 kilometrin (12 mailia) marssi taisteluvarustuksessa (15 kg) kolmeen tuntiin. Hyvässä kunnossa olevalle sotilaalle juoksutesti on helppo, mutta marssi antaa hyvän kuvan taistelijan yleiskunnosta. Kevyessä jalkaväessä henkistä kestävyyttä harjoitetaan myös fyysisen harjoittamisen kautta. Harjoitusohjelmassa on muun muassa 40.23 kilometrin (25 mailia) marssi täydessä kenttävarustuksessa, jolloin jokainen taistelija joutuu ylittämään itsensä myös henkisesti. (David 1995, 105- 107). Amerikkalainen marssi on huomattavasti raskempi kuin Suomessa käytetty jalkamarssi. Suomessa marssitaan 25 kilometriä kuuteen tuntiin, jolloin aikaa on kilometriä kohden käytettävissä 14 minuuttia 24 sekuntia. Amerikkalaisessa jalkamarssissa kilometriä kohden on viisi minuuttia vähemmän aikaa.

Todellinen sotatilanne osoitti amerikkalaiselle jalkaväkipataljoonan komentajalle, että suorituskyykyvaatimukset ovat vain ohjeellisia. Todellinen taistelutilanne vaatii suorituskyykyä paljon enemmän. Sotilaalla tulee olla fyysistä ja henkistä reserviä suorituskyykyssään taistelllessaan hyvin valmistautunutta ja levännyttä vihollista vastaan. Valmisteluista huolimatta pataljoonan taistelut alkoivat lähes poikkeuksetta yllättäen. Kokeneiden veteraanien mukaan sotilaan tulee olla fyysisesti erittäin kovassa kunnossa, jotta fyysistä reserviä on käytettävissä vielä ensimmäisen adrenaali ”ryöpyn” jälkeenkin. (David 1995, 105- 109).

3.3 Työkyvyn mittaamisesta

Kenttäkelpoisuuden mittaaminen ja määrittäminen liittyy läheisesti työkyvyn arviointiin, jolloin pitäisi ottaa huomioon työn fyysiset vaatimukset. Kuntotestaus tulisi painottua sen mukaan, mikä elinjärjestelmä kuormittuu kyseisessä työssä; hengitys- ja verenkiertoelimistö ja/tai tuki- ja liikuntaelimet. (Keskinen ym. 2004, 89).

Työn kuormittavuuden mittaamiseksi ei ole kansainvälisiä hyväksyttyjä normeja. Työntekijän työn aikaisen kuormittumisen arvioimiseksi käytetään yleisesti syketason mittaamista. Sykkeessä heijastuu staattinen lihastyö, hankalat työasennot, pienten lihasryhmien käyttö, kuuma ja kostea työympäristö ja psyykkiset kuormitustekijät. Kuormittumisen arvioinnin luotettavuutta parantaa tieto testattavan henkilön maksimisykkeestä, johon työsykettä verrataan. (Länsimies ym. 1994, 373). On kuitenkin arvioitu, että työntekijän maksimaalisen hapenkulutuksen täytyy olla vähintään kaksinkertainen työn keskimääräiseen hapenkulutukseen verrattuna (Kuntotestauksen perusteet 1998, 91).

Arvioitaessa henkilön suoriutumista oman ammattinsa työtehtävistä pitää ensin selvittää, onko työ juuri arvioitavalle henkilölle raskasta vai kevyttä. Tällöin energiankulutus tulee suhteuttaa arvioitavan fyysiseen suorituskyykyyn, ikään, sukupuoleen ja kehon kokoon. Olennaisena osana on otettava huomioon myös työntekijän oma subjektiivinen tuntemus työn kuormittavuudesta. Suomessa ulkotyötä tekevät altistuvat kylmänä vuodenaikana kylmän rasituksille, jolloin ruumiillinen työ on mahdollista vain hyväkuntoisille henkilöille. Myös kuuma aiheuttaa ylimääräistä kuormaa sydämelle. Työssä selviytymisen arviointiin vaikuttaa myös yksilöiden energiankulutuserot samassa työtehtävässä. (Länsimies ym. 1994, 373- 377).

Yksilöiden sisäiset ja henkilöiden väliset fysiologiset vaihtelut ovat niin suuria, että kuormitumisoletuksissa päädytään liian usein virheelliseen tulokseen. Luotettavin tapa arvioida kuormittumista olisi kokopäivän rekisteröitävä sykkeen seuranta työssä tavanomaisena päivänä tai useina työpäivinä (Länsimies ym. 1994, 376).

Palo- ja pelastusalalla on työn fyysistä kuormittumista arvioitu tarkkaan. Paloalalla koetaan tietyn tasoinen fyysinen kunto työvälineeksi. Tästä johtuen työn fyysistä vaatimuksista on palomiehille kehitetty savusukellustilannetta simuloiva ”savusukellusrata”. Rata suoritetaan noin 25 kilogramman painoisessa savusukellusvarustuksessa tietyn ajan kuluessa. Testi on havaittu käytännölliseksi ja siitä on johdettu aikaraja turvalliselle savusukellukselle. Davidiin (1995) viitaten myös palomiesten kokemusten mukaan fyysisessä suorituskyykyssä pitää olla ”reservä” yllättävien tilanteiden varalle. Palomiehet pitävät testiä polkupyöräergometritestiä luotettavampana. Lisäksi testi koetaan motivoivaksi ja siitä saadaan arvokasta tietoa palomiehille hoitavalle henkilöstölle. (Kuntotestauksen perusteet 1998, 90- 91).

3.4 Kenttäkelpoisuuden määrittäminen ja mittaaminen

Puolustusvoimissa on kuntotestejä suoritettu vuodesta 1964 lähtien, jolloin perustettiin urheilujoukot. Samaan aikaan aloitettiin sotilasopetuslaitoksissa säännölliset kuntotestit oppilasvalintoihin liittyen. Palkatun henkilöstön kuntotestit otettiin nykymuodossaan käyttöön vuonna 1999. Vuonna 2002 testeihin osallistui 8000 henkilöä. (Keskinen ym. 2004, 204).

Puolustusvoimissa noudatetaan laadukkaan kuntotestistön kriteereitä. Tavoitteena on antaa testattavalle tietoa hänen fyysisestä suorituskyvystä ja terveydentilastaan sekä antaa virikkeitä liikuntaan ja ohjeita harjoittelun tueksi. Passiivisten ihmisten aktivointi liikkumaan on myös kuntotestauksen tärkeimpiä tavoitteita. (Keskinen ym. 2004, 12 -13).

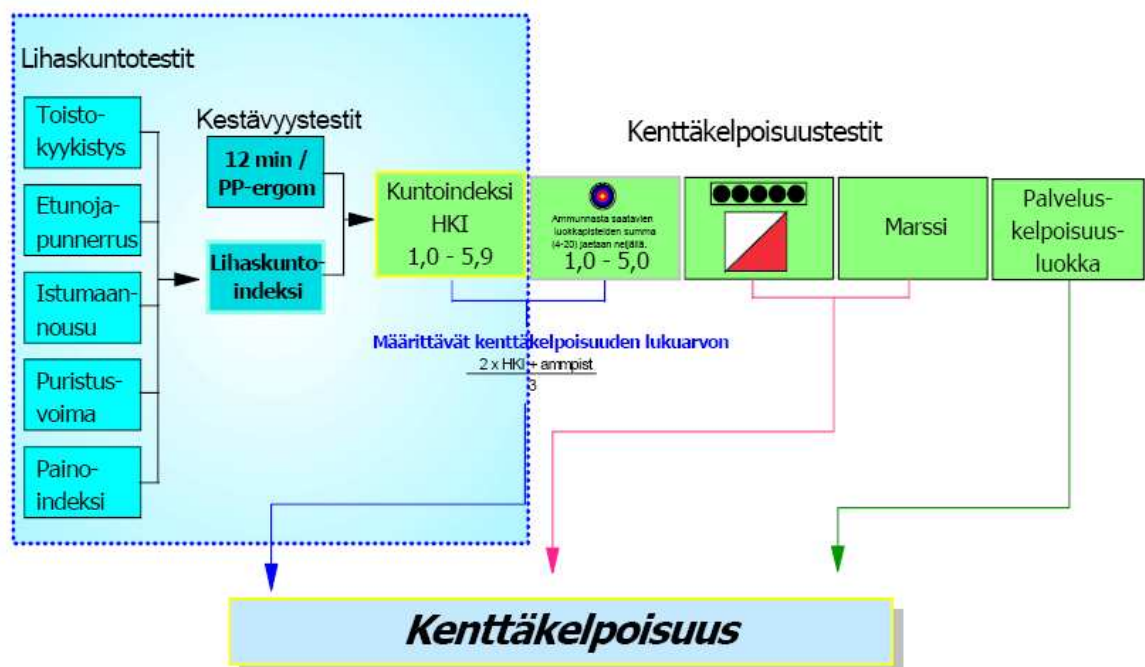
Sotilashenkilöstöllä on aikaa yksi kalenterivuosi suorittaa kenttäkelpoisuustestit. Pääesikunta on ohjeistanut testit tehtäväksi syyskuun loppuun mennessä, jolloin loppuvuosi jää aikaa tulosten kirjaamiseen ja testiasemien laitteiden huoltoon ja kalibrointiin. Joukko- osastojen komentajilla on lisäksi oikeus käskää erikseen omasta joukko- osastosta.

Fyysiset testit suoritetaan yleensä joukko- osastojen tai laitosten omilla testiasemilla. Testit suorittaa Puolustusvoimien testaajakurssin käynyt ja testaajan oikeudet saanut testaaja, joka voi olla sotilashenkilöstöön kuuluva tai siviilityöntekijä. Testaus alkaa yleensä kyselyllä, jolla pyritään kartoittamaan testattavien terveydentila ja huomioimaan hyvissä ajoin riskiryhmään kuuluvat. Testiasemat ovat varustukseltaan koko maassa samanlaisia. Testattavat huomioidaan iän ja fyysisen kunnon mukaan. Huonossa kunnossa oleva henkilö ei suorita juoksutestiä, vaan hänen suorituskyyky arvioidaan polkupyöräergometritestillä saatavalla tiedolla. Kokemusten mukaan juoksutestin ja pyörätestin tulokset ovat vertailukelpoisia.

Kenttäkelpoisuus määritellään kenttäkelpoisuustesteillä, jotka muodostuvat fyysistä suorituskyykyä mittaavista kuntotesteistä sekä kenttätesteistä (kuva 3). Fyysisiä ominaisuuksia mittaavia testejä ovat kestävyystesti, lihaskuntotestit ja painoindeksin eli kehonkoostumuksen mittaaminen. Kestävyystesti, joka on 12 min juoksutesti, voidaan korvata lääkärin määräyksellä polkupyöräergometritestillä. Sotilas, joka täyttää testausvuonna 40 vuotta, voi vaihtoehtoisesti suorittaa joko juoksu- tai polkupyöräergometritestin. Huonokuntoinen henkilö, joka on edellisen vuoden testissä saanut tuloksen heikko, testataan aina polkupyöräergometritestillä. Huomattavaa on, että lääkärintodistuksella testistä vapautetulle ei määritetä kunto- eikä kenttäkelpoisuusluokkaa vapautuksen ajaksi. Kestävyystestillä mitataan henkilön hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa. Lihaskuntotesteillä mitataan tuki- ja liikuntaelinten kuntoa. Lihaskun-

totestit muodostuvat neljäosaisesta testistöstä (minuutin etunojapunnerrus, minuutin istumaan nousu, käden puristusvoima ja minuutin toistokyykistys) sekä kehon painoindeksistä (BMI; Body mass index). (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01).

Kenttätestit muodostuvat palvelusammunnoista, suunnistuksesta tai ampumahiihdosta ja marssista. Palvelusammunnat käsittävät kaksi erilaista rynnäkkökivääri- ja pistooliammuntaa, jotka suoritetaan kouluammuntaradalla joko koulutettavien varusmiesten ammuntojen yhteydessä tai erikseen käskettynä ajankohtana palvelusammunta tilaisuudessa. Suunnistus- ja kartanlukutaitoja on ylläpidettävä sellaisella tasolla, että sotilashenkilö tuntee ja osaa tulkita ammatissaan tarvittavia karttoja. Tarkoituksena on ylläpitää ja kehittää maastossa liikkumisen taitoja sekä edistää suunnistusharrastusta. Suunnistettavan matkan tulee olla vähintään viisi kilometriä, josta tulee suoriutua valoisalla puolessatoista ja pimeällä kahdessa tunnissa. Ampumahiihdon tarkoituksena on ylläpitää hiihtotaitoa aseensa kanssa sekä kehittää ampumataitoa. Hiihdettävän matkan tulee olla vähintään kymmenen kilometriä, aseena joko pienoiskivääri tai rynnäkkökivääri. Marssikunto on oltava sellainen, että alle 55-vuotias sotilashenkilö kykenee suorittamaan kevyessä varustuksessa (ase, reppu, maastopuku ja varsikengät tai saappaat) kuudessa tunnissa 25 kilometrin jalkamarssin, 30 kilometrin hiihtomarssin tai 80 kilometrin polkupyörämarssin SA- suksilla tai SA- pyörällä (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01).



Kuva 3. Kenttäkelpoisuustestit Puolustusvoimissa (PAK A 4.3.1)

Lihaskuntotestit ja juoksu- tai polkupyöräergometritestit määrittävät henkilön kuntoindeksin. Lopullisen kenttäkelpoisuusluokan muodostumiseen kuntoindeksi vaikuttaa kaksi kolmasosaa ja kenttätестit yhden kolmasosan. Mikäli palveluskelpoisuusluokka on B, on korkein kenttäkelpoisuusluokka tällöin välttävä (2.0- 2.9). (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01). Taulukossa 1 on esitelty kuntoindeksin ja kenttäkelpoisuuden muodostuminen.

Vuoden 2008 alussa kenttäkelpoisuustestistöä on hieman uudistettu. Kuntoindeksin määrittämiseksi uutena asiana on otettu käyttöön desimaalit (0.25 välein), jolloin käytännössä jokainen suoritettu liike vaikuttaa kyseisen suorituksen pisteytykseen. (Kyröläinen ym. 2006a; Pääesikunta 2008. Hallinnollinen määräys- luonnos). Lisäksi aikaisempi ”nolla” suoritus on poistunut. Aikaisemmin sotilas sai suorituksesta arvosanan 1 pelkästään ilmoittautumalla fyysisiin testeihin. Painoindeksi (BMI) ei enää uuden ohjeen mukaan vaikuta lihaskuntoindeksiin, mutta sitä edelleenkin mitataan seurannallisista syistä. Nämä uudistukset eivät kuitenkaan koske suoranaisesti tätä tutkimusta, koska mittaukset suoritettiin vanhan ohjeistuksen mukaisesti.

Taulukko 1. Kenttäkelpoisuusindeksin ja kenttäkelpoisuusluokan muodostuminen. Mikäli palveluskelpoisuusluokka on B, on korkein kenttäkelpoisuusluokka tällöin välttävä. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01).

Palvelus- kelpoisuusluokka	Kenttäkelpoisuus- ja kuntotestit	Kenttäkelpoisuusindeksi/ Kenttäkelpoisuusluokka
A	kaikki suoritettu	5.0 - 5.6/ Erinomainen
A	”-	4.0- 4.9/ Hyvä
A	”-	3.0- 3.9/ Tyydyttävä
A/B	”-	2.0- 2.9/ Välttävä
A/B	”-	1.0- 1.9/ Huono

Epäsuorat maksimaalisen hapenoton testit kuten 3000 m:n juoksu, Cooperin testi ja polkupyöräergometritestit muunneltuihin ovat laajassa käytössä eri maiden asevoimissa, kun mitataan sotilaiden fyysistä suorituskyykyä valittaessa heitä eri tehtäviin. Nämä testit ovat helposti järjestettäviä, aikaa säästäviä, helposti toistettavia ja korreloivat hyvin maksimaalisen hapenoton tasoa (VO₂max). Sotilaiden varusteiden paino nousee jatkuvasti lisäsuojan saamisen myötä. On arvioitu, että Cooperin testi ei anna tarkkaa kuvaa taakan kantamiskyvystä kävellessä. (Aandstad 2005).

Useat sotilastehtävät vaativat raskaiden taakkojen ja kantamusten siirtoa ja liikuttelua. Taistelija varustuksen myötä lisäkuorma voi nousta jopa 37 kilogrammaan. Onkin arvioitu, että nämä epäsuorat fyysisen suorituskyykyyn testit eivät ole suoranaisesti vertailukelpoisia henkilön

kykyyn suoriutua raskaiden taakkojen kantamisesta ja siirtämisestä. On myös arvioitu, että kookkaammat henkilöt suoriutuisivat paremmin näistä tehtävistä. (Aandstad 2005).

4. AUTONOMINEN HERMOSTO JA SEN TOIMINTA

Hermosto ottaa vastaan informaatiota aistireseptorien välityksellä, joiden avulla ohjataan elimistön kaikkia toimintoja. Anatomisesti hermosto jaetaan kahteen osaan, keskushermostoon ja ääreishermostoon. Keskushermostoon eli sentraaliseen hermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin ja ääreishermoston muodostavat aivohermot ja selkäydinhermot. Toiminnallisesti (fysiologisesti) hermosto jaetaan somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Somaattinen hermosto aiheuttaa poikkijuovaisten lihasten liikkeitä, joihin voidaan tahdonalaisesti vaikuttaa. Autonominen hermosto aiheuttaa sileän lihaksiston liikkeitä (esim. sydänlihas) sekä erilaisten rauhasen erityksen. Somaattisella ja autonomisella hermostolla on runsaasti yhteyksiä keskenään ja ne vaikuttavat toistensa toimintaan (Niensted ym. 1989, 517- 518; McArdle ym. 2007, 392- 402).

Autonominen hermosto ylläpitää elimistön elintärkeitä toimintoja. Tämä järjestelmä pystyy reagoimaan elintoimintoja kiihdyttävästi muutamissa sekunneissa ei- tahdonalaisesti. Autonominen hermosto aktivoituu selkäytimen, aivorungon ja hypothalamuksen välityksellä ja toiminta perustuu pääosin sisäelinreflekseihin. Sisäelinrefleksit perustuvat alitajuisiin signaaleihin sisäelinten sensoreilta autonomiselle hermostolle, joka reagoi kontrolloimalla elimien toimintaa. (Guyton & Hall 2006, 748).

Ääreis- eli perifeeriseen hermostoon kuuluu 31 paria selkäydinhermoja ja 12 paria aivohermoja, jotka välittävät informaatiota keskushermostoon. Ääreishermostossa on afferentteja ja efferenttejä ratoja, joista ensimmäiset välittävät reseptoreilta saatua tietoa aivoille ja jälkimmäiset aivoilta ääreishermostoon. Ääreishermoston somaattinen osa ohjaa luustolihasen toimintaa, kun taas autonominen osa ohjaa sileitä lihassoluja (esim. sydänlihas) ja endokrinologisia rauhasia. Luurankolihasen toiminta on usein tahdonalaista, kun taas autonomiset toiminnat ovat tahdosta riippumattomia. (McArdle ym. 2007, 392- 402).

Autonomisen hermoston toimintaan ei voida suoranaaisesti vaikuttaa tahdonalaisesti vaan toiminta perustuu puoli- itsenäiseen toimintaan. Autonominen hermosto koostuu kahdesta erilaisesta haarasta eli sympaattisesta ja parasympaattisesta hermostosta. Eri elimiin tulee sekä sympaattisia että parasympaattisia hermosyitä, joiden suhteellinen voimakkuus ratkaisee, miten elin käyttäytyy. (Niensted ym. 1989, 540).

Sympaattinen hermosto. Sympaattinen hermorunko sijaitsee selkärangan kummallakin puolella. Se muodostuu sympaattisista hermosolmuista, ganglioista, joita on selkärangan kummalla-

kin puolella yksi jokaista nikamaa kohti. Sympaattinen hermosto valmistaa elimistöä nopeaan sopeutumiseen: taistele tai pakene (fight or flight) (Guyton & Hall 2006, 758). Sympaattisen hermoston aktivoituessa pulssi nousee, sydämen iskuvoima kasvaa ja lihasten verisuonet laajenevat, jolloin niiden toimintakyky paranee. Ihon ja sisäelinten verisuonet puolestaan supistuvat, joka yleensä aiheuttaa verenpaineen nousua. Myös keuhkoputket laajenevat, jolloin ilma pääsee entistä paremmin keuhkorakkuloihin. Ruuansulatustoimintojen vaimentuessa saadaan tarvittavaa energiaa maksan glykogeenistä, joka pilkkoutuu ja siirtyy glukoosina verenkiertoon. Myös rasvakudoksesta vapautuu lipolyysin seurauksena rasvahappoja verenkiertoon. Näin varustettuna ihminen on valmis kohtaamaan vaaran ja stressin. (Niensted ym. 1989, 541- 543).

Lisäksi aivoissa on sympaattisen hermoston toimintaan osallistuva alue (hypotalamus), joka ohjaa useita elimistön toimintoja. Hypotalamus säätelee aivolisäkkeen avulla myös esimerkiksi kilpirauhasen, lisäkilpirauhasen, lisämunuaisen, haiman ja sukuelinten toimintaa ja näiden erittämiä hormoneja. Tällaisia ovat esimerkiksi lisämunuaisytimen erittämä adrenaliini ja lisämunuaiskuoren kortisoli, jotka muun muassa vaikuttavat edellä kuvattuun taisteluun valmistautumiseen. (Niensted ym. 1989, 374, 405, 533, 575).

Parasympaattinen hermosto. Parasympaattisen hermoston vaikutukset ovat usein päinvastaisia kuin sympaattisen hermoston, vaikka molemmat hermottavat samoja elimiä. Hermosyiden määrässä on kuitenkin usein eroja. Parasympaattisia hermosyitä on esimerkiksi ruuansulatuskanavassa enemmän, kun taas sympaattisia syitä on sydämessä ja verisuonissa. Parasympaattinen hermosto hidastaa sydämen sykettä, supistaa keuhkoputkia, nopeuttaa ruuansulatusta ja vaikuttaa osaltaan virtsarakon tyhjentymiseen. Aktiivisimmillaan se on levon aikana. Yleensä sympaattinen ja parasympaattinen hermosto toimivat hyvässä yhteistyössä. Stressitilanteessa tasapainotila saattaa järkkyyä, jolloin voi syntyä toiminnallisia oireita niihin elimiin, joihin autonomisella hermostolla on vaikutusta. (Niensted ym. 1989, 543- 544). Huolestuneisuus ja pelko lisäävät stressiä ja siten taas sympaattisen hermoston vilkastumista. Samalla rentoutuminen, nukkuminen ja elpyminen hankaloituvat.

5. ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN PITKÄKESTOISESSA RASITUKSESSA

5.1 Energia- aineenvaihdunta

Suorituskykyyn vaikuttaa eri energiantuottomekanismien tehokkuus. Pitkäkestoisessa rasituksessa hyvä suorituskyky edellyttää suurta aerobista tehoa ja suorituksen pitkittyessä työn taloudellisuuden ja energiavarastojen koon merkitys kasvaa (Nummela 2004, 97). Energiaa saadaan tuotettua välittömistä energianlähteistä, anaerobisessa glykolyysissä ja aerobisen energiantuoton kautta (McArdle ym. 2007, 138- 144).

Välittömät energianlähteet. Kaikki ravintoaineista saatu energia kanavoituu korkea- energiaksi fosfaateiksi eli adenosiinitrifosfaatiksi (ATP) ja kreatiinifosfaatiksi (CP). Soluissa ATP:ia on varastoitunut vain n. 80- 100 g, joka riittää n. 2- 3 sekunnin maksimaaliseen työhön. (McArdle ym. 2007, 138- 141). Maksimaalisen lihassupistuksen aikana ATP pilkkoutuu adenosinidifosfaatiksi (ADP), joka voi taas syntetisoitua ilman happea takaisin ATP:ksi toisen ADP molekyylin tai kreatiinifosfaatin avulla (Niensted ym. 1989, 85 ja 394; McArdle ym. 2007, 141). Kreatiinifosfaattivarastot riittävät n. 10 sekunnin maksimaalisen työhön. Lihaksen CP- varastot tyhjenevät täysin vasta noin 30 sekunnin maksimikuormituksessa, koska ATP:n uudismuodostus on samanaikainen prosessi myös muiden energiantuottosysteemien kanssa (Wilmore & Costill 2004, 131). Työn jatkuessa pidempään on lihaksen tuotettava energiaa pilkkomalla verenkierron mukanaan tuomia ravintoaineita, rasvahappoja ja glukoosia (Niens- ted ym. 1989, 85). Lyhyen ja maksimaalisen suorituksen jälkeen korkeaenergiset fosfaattiva- rastot palautuvat lähes ennalleen noin kolmen minuutin levon jälkeen, mutta palautuminen kestää yli 30 minuuttia kovassa maitohapollisessa suorituksessa (Näveri ym. 1978).

Anaerobinen glykolyysi. Anaerobinen glykolyysi tapahtuu solulimassa kymmenen välivaiheen kautta ilman happea. Glukoosi (sokeri) muutetaan ensin pyruvaatiksi (palorypälehappo) ja sitten maitohapoksi, jolloin syntyy kaksi ATP:ia/ glukoosimooli. Lihaksissa syntyvä maito- happo esiintyy elimistön nesteissä aina laktaatti- ioneiksi ja vetyioneiksi jakaantuneena. Ve- renkiertoon syntyy laktaattia, kun maitohaposta irtoaa yksi vetyioni. Maitohappo toimii siis energianlähteenä ja varsinkin rasituksessa laktaatti on sydämen tärkein energianlähde. (McArdle ym. 2007, 145- 150).

Kuormitustehon laskiessa ja hapen saatavuuden ollessa riittävää lihaksista verenkiertoon va- pautunut laktaatti muodostetaan uudestaan glukoosiksi. Tätä maksassa tapahtuvaa tapahtuma- ketjua nimitetään glukoneogeneesiksi (Corin sykli). (McArdle ym. 2007, 150- 151). Glukoo- sin vapautuminen maksasta verenkiertoon riippuu sekä veren glukoosikonsentraatiosta että

hormonien vuorovaikutuksesta (Wassermann ym. 2005, 17). Anaerobinen glykolyysi ei ole tehokas tapa tuottaa energiaa verrattuna solun mitokondrioissa tapahtuvaan glukoosin täydelliseen hajottamiseen (Krebsin sykli). Glykolyysin etu verrattuna aerobiseen energiantuottoon on sen nopeus, joka on 2- 3 kertaa nopeampi tapahtuma (McArdle ym. 2007, 145- 155; Wilmore & Costill 2004, 130).

Aerobinen energiantuotto. Aerobinen energiantuotto on pääosassa, kun on kyse pitkäkestoisesta (useista minuuteista tunteihin) rasituksesta tai suorituksesta. Aerobisesti, hapen avulla, energiaa voidaan tuottaa hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. (McArdle ym. 2007, 151- 159, 168).

Hiilihydraateista energiaa saadaan muodostettua solun mitokondrion sitruunahappokierrossa (Krebsin sykli), jossa glykolyysin lopputuote palorypälehapo muutetaan asetyylikoentsyymiA:ksi (asetyl-CoA). Asetyl- CoA pilkotaan edelleen kemiallisessa reaktiossa hiilidioksidiksi ja vedyksi. ATP:ia muodostuu, kun vetyatomit hapetetaan elektronin siirtoketjussa mitokondrioissa. Aerobinen glykolyysi on energiantuotoltaan 18 kertaa tehokkaampi verrattuna anaerobiseen glykolyysiin. (McArdle ym. 2007, 151; Wilmore & Costill 2004, 126- 128).

Ihmiskehossa on rasvasoluja noin 75 miljardia, jotka ovat lähes ehtymätön energianlähde. Rasva on varastoitunut lihaksiin ja kudoksiin triglysereinä. Triglyseridit pilkotaan lipaasientsyymien avulla edelleen glyseroliksi ja rasvahapoiksi (Free Fatty Acids, FFA). Muodostunut glyseroli pilkotaan edellä kuvatussa sitruunahappokierrossa ja rasvahapot mitokondrioissa tapahtuvassa β - oksidaatiossa. Rasvahappojen pilkkoutuminen sitruunahappokierrossa jatkuu, jos β - oksidaation aikana muodostuu riittävä määrä oksaloasetattia. Tästä käytetään kuvainnollista termiä; rasvat palavat hiilihydraattileikissä (McArdle ym. 2007, 162). Triglyseridi molekyylin täydellinen pilkkoutuminen yhdeksi glukoosi molekyyliksi ja kolmeksi vapaaksi rasvahapoksi muodostaa edellä kuvattujen vaiheiden kautta 460 ATP:ia. Rasvojen käyttö energiantuotannossa on siten edullista niiden suuren energiamäärän vuoksi, mutta epäedullista pienen energiantuottonopeuden vuoksi. Tästä johtuen rasvojen merkitys energian tuotannossa on suurimmillaan yli kaksi tuntia kestävässä suorituksissa. (McArdle ym. 2007, 155- 162; Wilmore & Costill 2004, 128- 130).

Proteiinit osallistuvat myös energiantuotto prosessiin, vaikka niiden päätehtävä on toimia elimistön rakennusaineena. Proteiinien merkitys energiantuotossa korostuu erityisesti erittäin pitkissä suorituksissa ja kovan kestävyysharjoittelun aikana. Proteiinit ovat aminohappoyhdisteitä, jotka voidaan jakaa glukogeenisiin ja ketogeenisiin. Edellä mainituista tyyppien poiston

jälkeen syntyy palorypälehappoa, jota siis käytetään Krebsin syklissä ATP:n muodostamiseen. Jälkimmäisistä ketogeenisistä aminohapoista syntyy mm. asetyl- CoA:ta, joka on edelleen käytettävissä sitruunahappokierrossa ja elektronin siirtoketjussa energianlähteenä. (McArdle ym. 2007, 159; Wilmore & Costill 2004, 131).

5.2 Energiantuotto pitkäkestoisessa suorituksessa

Aerobisen energiantuoton tehokkuuteen vaikuttavat kuusi tärkeää tekijää: 1) harjoitustapa, 2) perintötekijät, 3) suorituksen tehokkuus, 4) sukupuoli, 5) henkilön ruumiinrakenne ja 6) henkilön ikä (McArdle ym 2007, 242). Energiantuottoon vaikuttavat erilaiset lihassolutyypit. Lihassolut voidaan jakaa histokemiallisen analyysin mukaan hitaisiin ja nopeisiin lihassoluihin. I- tyyppin lihassolut ovat hitaita ja II- tyyppin lihassolut ovat nopeita. II- tyyppin lihassolut jaetaan edelleen IIA (oksidatiiviset) ja IIB (glykolyttiset)- luokkiin (Enoka 2002, 286- 287; McArdle ym 2007, 172). Liikuttaessa aerobisesti ovat hitaat lihassolut korostuneessa asemassa, koska ne ovat kestäviä ja kykenevät käyttämään tehokkaasti happea. Enemmän voimaa ja nopeutta vaativissa suorituksissa ovat puolestaan nopeat lihassolut korostuneessa asemassa, koska ne kykenevät suurempaan voimantuottoon. (Rehunen & Härkönen 1980). Yleisesti tiedetään, että kestävyysurheilijoilla on hitaita lihassoluja enemmän kuin nopeuslajien urheilijoilla, joilla puolestaan nopeat lihassolut ovat hallitsevassa asemassa. Elimistön kardiovaskulaarista kuntoa kuvaa maksimihapenotonarvo $VO_2\max$ (Guyton & Hall 2006, 80- 81, 206, 1061 ja 1064).

Pitkäkestoisessa suorituksessa korostuu rasvojen käyttö energiantuotannossa. Hyvässä aerobisessa kunnossa olevat henkilöt kykenevät heikkokuntoisia paremmin kestämaan esimerkiksi submaksimaalista rasitusta ja kuumuutta johtuen paremmasta verenkiertoelimistön kyvystä välittää happea työskenteleville lihaksille ja lihasten tehokkaasta hapenkäyttö kyvystä. (McArdle ym. 2007, 167). Eräs selitys paremmalle rasituksen sietämiselle on fyysisellä harjoittelulla saavutettu alhaisempi veren laktaattitaso samalla kuormituksella verrattuna harjoittelemattomiin sekä parempi lihasglykokeenin hyväksikäyttö (Karlsson 1972). Harjoittelemattomilla henkilöillä $VO_2\max$ laskee 25 ikävuoden jälkeen noin 1 %:n vuodessa johtuen vanhenemisen aiheuttamista fysiologisista muutoksista (McArdle ym. 2007, 247). Liikunnan harrastaminen hidastaa merkittävästi vanhenemisen aiheuttamia muutoksia hapenkuljetuskyvyssä. Tutkimuksilla on voitu osoittaa, että liikunnallisesti aktiivisilla keski- ikäisillä ihmisillä on 10- 50 % parempi aerobinen kapasiteetti verrattuna passiivisiin ihmisiin (McArdle ym. 2007, 898- 899). Seals & Chase (1989) tutkivat keski- ikäisten vähän liikuntaa harrastavien miesten fyysisen harjoittelun aiheuttamia muutoksia muun muassa maksimihapenoton arvoon. $VO_2\max$

parani huomattavasti kestävyystyyppisen harjoittelun myötä. Edullisia vaikutuksia oli myös kehon painoon, kehon rasvan määrään ja leposykkeeseen.

Pitkäkestoisen suorituksen alussa kokonaisenergiatarpeen tyydyttämiseksi energiaa tuotetaan myös anaerobisesti. Suorituksen alussa muodostuu anaerobisesta energiantuotosta johtuen happivaje, ennen kuin saavutetaan energiankulutusta vastaava steady- state tila. Steady- state tila saavutetaan noin kolmen minuutin kuluttua kohtalaisen kuormituksen aloituksesta (Wassermann 2005, 18). Happivajeen suuruus on riippuvainen yksilön $VO_2\text{max}$:sta ja suorituksen intensiteetistä. (McArdle ym. 2007, 174; Medbo ym. 1988). Normaali sotilaskoulutus on fyysiseltä kuormitukseltaan keskiraskaan tai raskaan työn kuormituksen tasolla. On arvioitu, että marssittaessa täydessä kenttävarustuksessa vaaditaan noin 50 ml/kg/min hapenoton arvoa (Lindholm ym. 2005), joka on erinomainen arvo alle 40- vuotiaalle miehelle (McArdle ym. 2007, 171). Hetkellisesti kuormitus saattaa nousta yli hyvin raskaan työn kuormituksen tasolle eli 60- 100 prosenttia maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetista (Kyröläinen ja Santtila 2006b, 234).

5.3 Verenkierto- ja hengityselimistön kuormittuminen

Verenkiertoelimistön muodostaa sydämen, veren ja verisuoniston kokonaisuus. Verenkierto huolehtii kudosten ravinnonsaannista ja kuona- aineiden poiskuljettamisesta. Veri kuljettaa lisäksi hormoneja sekä tasoittaa ruumiinosien välisiä lämpötila-, happamuus- ym. eroja. Hengitys eli respiraatio tarkoittaa hapen siirtymistä ilmasta solujen käyttöön ja hiilidioksidin siirtymistä soluista ilmaan. Hengitystä säätelee ydinjatkeessa sijaitseva hengityskeskus, joka pyrkii pitämään keuhkotuuletuksen sellaisena, että hapen ja hiilidioksidin osapaineet pysyvät keuhkorakkuloissa ja valtimoveressä jokseenkin muuttumattomina. (McArdle ym. 2007, 280-282; Niensted ym. 1989, 185; Willmore & Costill 2004, 208; Guyton & Hall 2006, 1062-1063).

Lepotilassa ihminen hengittää sisään ja ulos minuutin aikana noin 12 kertaa kertahengityksen (hengitystilavuus) ollessa 500ml (Guyton & Hall 2006, 477). Kuormittuminen nostaa keuhkotuuletusta lineaarisesti suhteessa kuormituksen intensiteettiin ja elimistön energian tarpeeseen. Tällöin hengitystilavuus voi nousta kahteen litraan. Kevyessä kuormituksessa solujen hapensaanti turvataan kasvattamalla hengitystilavuutta, mutta kovassa kuormituksessa joudutaan lisäksi tehostamaan hengitysfrekvenssiä. Maksimikuormituksessa keuhkotuuletus nousee yli 100 litraan minuutissa. Huippukuntoisella urheilijalla keuhkotuuletus voi nousta yli 200 litraan minuuttia kohden. (Willmore & Costill 2004, 287; Saltin & Åstrand 1967).

Sydämen mekaanista toimintaa kuvataan minuuttitilavuudella, sykintätaajuudella ja iskutilavuudella. Minuuttitilavuus tarkoittaa sitä verimäärää, jonka sydän pumpkaa minuutissa. Sykintätaajuus eli syke tarkoittaa sykähdysten lukumäärää samassa aikayksikössä ja iskutilavuus tarkoittaa kahden edellä mainitun osamäärää. Iskutilavuus kuvaa sydäimestä yhden supistuksen seurauksena aorttaan siirtynyttä verimäärää. Levossa keskikokoisella miehellä minuuttitilavuus on noin 5 litraa. Sydämen minuuttitilavuus kasvaa hengitystilavuuden tavoin suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa. Elimistön kudosten tehokas hapen saanti on riippuvainen sydämen kyvystä pumpata verta. Sydämen minuuttitilavuus osaltaan kertoo siten elimistön aerobisen kunnon. (McArdle ym. 2007, 352- 354).

Sydämen sykintätaajuus on lepotilassa yksilöllinen, mutta kuormituksen aikana syke kasvaa suorassa suhteessa kuorman lisääntymisen myötä. Lähellä maksimityötä sykkeen nousu kuitenkin hidastuu (Willmore & Costill 2004, 224). Aerobisella harjoittelulla voidaan laskea kuormituksen aikaista sykintätaajuutta, jolloin sydämen iskutilavuus ja sitä kautta minuuttitilavuus kasvaa (Ekblom ym. 1968). Sydämen iskutilavuuden kasvu johtuu harjoitetun sydämen kammioiden tehokkaammasta täyttymisestä ja sydänlihaksen tehokkaammasta suipistumisesta (Frank- Starlingin mekanismi) (Willmore & Costill 2004, 226). Elimistön joutuminen ylirasitustilaan liiallisen harjoittelun seurauksena sydämen sykintätaajuus laskee merkittävästi harjoittelun aikana (Lehmann ym. 1991, 444- 447). Normaalitylaan verrattuna syke voi toisaalta myös nousta submaksimaalisessa kuormituksessa, jos elimistö kärsii nestehukasta (Saltin 1964).

5.4 Veri ja sen ominaisuudet

Täysikasvuisen ihmisen veritilavuus miehillä on noin viisi litraa. Veren soluväliaine on plasmaa, joka mahdollistaa vereen liuenneiden ravinteiden kuljettamisen elimistön eri osiin. Veren hyytymisreaktiossa erittyvää nestettä kutsutaan seerumiksi, josta plasman tavoin voidaan määrittää useimmat veressä olevat ainesosat. Verestä noin 60 % on plasmaa ja loput 40 % ovat punasoluja, mutta prosentuaaliset erot voivat vaihdella huomattavasti muun muassa sukupuolen ja painon mukaan. Plasman määrä voi lämpöaltistuksen tai kovan fyysisen rasituksen seurauksena pienentyä yli 10 %:lla (Keskinen 2004, 81) tai vastaavasti suurentua (Green ym. 1991; Åstrand & Saltin 1964). Verimäärän suurentuminen voi parantaa aerobista suorituskkyä harjoittelemattomilla henkilöillä (Warburton ym. 2000). Veren solujen ja plasman suhdetta kuvataan hematokriitti arvolla, joka ilmaisee punasolujen tilavuusosuuden koko ve-

rimäärästä. Normaaliarvo miehillä on noin 0.4, suuret poikkeamat tarkoittavat yleensä sairautta (esim. anemia). (Guyton & Hall 2006, 293 ja 460).

Punasolut (erytrosyytit). Punasolut muodostavat pääosan veren soluista, joiden pääasiallinen tehtävä on hemoglobiinin kuljettaminen verenkierrassa eli hengitetyn hapen siirtäminen kudosten käyttöön. Terveillä miehillä punasolujen lukumäärä on $5.2 \cdot 10^6/\text{ml}^3$. (Guyton & Hall 2006, 419). Veren kyky kuljettaa happea riippuu punasolujen sisältämän hemoglobiinin määrästä. Miehillä normaali hemoglobiinipitoisuus on 130- 165 g/l. Erytropoetiini hormoni säätelee punasolujen uudelleen muodostusta. Hapen saatavuus vaikuttaa erytropoetiinin tuotantoon, mitä vähemmän happea on saatavilla, sitä kiihtyneempää on erytropoetiinin muodostuminen. Kiihtynyt erytropoetiinin muodostuminen lisää punasolujen ja sitä kautta hemoglobiinin määrää. (Niensted ym. 1989, 168- 169). Säännöllisen harjoittelun tiedetään nostavan punasolumäärää verenkierrassa (Boothby & Berry 1915; Schneider & Havens 1914), mutta kova harjoittelu tai fyysinen kuormitus vähentää punasolumäärää (Åstrand & Saltin 1964). Maraton juoksun kaltainen kova fyysinen rasitus murskaa pintaverisuonten punasoluja johtuen kovasta askelluksesta (Shaskey & Green 2000). Punasolujen elinikä on siis vain noin muutaman kuukauden, joten elimistössä tuhoutuu tai syntyy uusia punasoluja pari miljoonaa joka sekunti (Niensted ym. 1989, 169).

Valkosolut(leukosyytit). Valkosolut muodostuvat granulosityteistä (jyväsolut), lymfosyyteistä (imusolu) sekä monosyyteistä, joiden määrä on 3000- 10000 kuutiomillimetrissä verta. Elimistön erilaiset tilat vaikuttavat valkosolujen määrää. Lisäviä tekijöitä ovat esimerkiksi syöminen, lihastyö ja äkilliset tulehdukset. Valkosolujen tärkein tehtävä on toimia elimistön puolustusjärjestelmässä tuhoamassa taudinaiheuttajia (Guyton & Hall 2006, 429). Valkosolujen lukumäärä veressä vähenee vanhenemisen seurauksena. (Niensted ym. 1989, 173).

Plasma muodostuu pääosin vedestä (n. 90%), plasmaproteiineista (n. 7%) ja ravintoaineista (n. 3 %) (Keskinen 2004, 81). Plasman proteiinit eli valkuaisaineet osallistuvat esimerkiksi aineenvaihdunnan kannalta tärkeiden hormonien kuljettamiseen. Albumiinia on plasman proteiineista eniten (n. 60%), joka kuljettaa rasvahappoja, monia hormoneja sekä lääkkeitä. Kolmasosan plasman proteiineista muodostavat globuliinit, jotka albumiinin tavoin toimivat kuljettajavalkuaisaineina. (Niensted ym.1989, 177. 178). Lähes kaikki kivesten erittämä testosteroni sitoutuu plasman beta globuliiniin, sukupuolihormonia sitovaan globuliiniin (SHBG) ja kiertää verenkierrassa puolesta tunnista useisiin tunteihin, jonka aikana hormoni kuljetetaan tarvitseville kudoksille (Guyton & Hall 2006, 1003).

5.5 Verenkierron säätelyjärjestelmät

Verenkiertoelimistön toiminta kuormituksessa perustuu verenkierron eri säätelyjärjestelmiin. Säätelyjärjestelmiä ovat hermostollinen, paikallinen ja hormonaalinen säätely.

Verenkierron hermostollinen eli neuraalinen säätely. Elimistön reseptorit välittävät isoaivojen motoriselle kuorikerrokselle impulsseja verenkierron tehostamiseksi. Tieto välittyy ydinjatkkeessa sijaitsevaan hengityskeskukseen (vasomotorinen keskus). Hengityskeskuksesta tieto sydämelle välittyy autonomisen hermoston kautta. Sydän pyrkii pitämään elimistön verenpaineen mahdollisimman tasaisena laajentamalla (vasodilaatio) tai supistamalla (vasokonstriktio) verisuonia. Sympaattisten hermosyiden vaikutuksesta tieto sydämelle siirtyy sinussolmukkeen ja eteis- kammiosolmukkeen kautta kammiolihakseen, joka aiheuttaa sykettä ja supistumisvoimaa nostavasti. Elintoimintojen kiihtymisen aiheuttaa sympaattisista hermopäätteistä vapautuva noradrenaliini sekä lisämunuaisytimestä vapautuva adrenaliini ja noradrenaliini. Parasympaattisten hermosyiden vaikutuksesta tieto sydämelle siirtyy vagushermon kautta sydämen eteislihakseeseen, jonka vaikutus on sykettä laskeva. (McArdle ym. 2007, 337- 339; Niens- ted ym. 1989, 224- 225). Tutkimusten mukaan aerobisella kunnolla ja vagushermon kyvyllä säädellä leposykkeen tasoa on voimakas korrelaatio. Hyvässä aerobisessa kunnossa olevilla ihmisillä on alempi leposykinätaajuus verrattuna heikompikuntoisiin johtuen paremmasta parasympaattisen hermoston kunnosta. (Kenney 1985).

Verenkierron paikallinen säätely. Verenkierron säätelystä huolehtii paikallinen säätely, auto-regulaatio. Pikkuvaltimot ja kuroutumat ennen hiussuonia reagoivat elimistön tilaan (hapenpuute, hiilidioksidin määrä veressä, verisuonten venytys) tarvittaessa kiihdyttämällä verenkiertoa. (McArdle ym. 2007, 319 ja 343). Toisin sanoen lihastason kemialliset ja mekaaniset muutokset vaikuttavat pienten verisuonien säätelylihakseen.

Verenkierron hormonaalinen säätely. Verenkierron humoraalinen säätely vaikuttaa sekä hengityskeskukseen välityksellä että suoraan verisuoniin ja sydämeen. Munuaisten erittämä reniini säätelee verenpaineen tasoa ja plasman nestemäärää. Lisämunuaisytimen erittämä adrenaliini nostaa sydämen sykettä ja suurentaa siten verenkierron minuuttitilavuutta, joka voi johtaa systolisen verenpaineen nousuun. Noradrenaliini puolestaan supistaa verisuonien seinämien sileitä lihassoluja, jotka aiheuttavat verenpaineen nousua ja minuuttitilavuus pienenee. (Niens- ted ym. 1989, 225 ja 407).

5.6 Endokrinologinen järjestelmä

Endokriininen eli sisäeritysjärjestelmä muodostuu hormoneja muodostavista umpirauhasista ja kohde- elimistä (Saure 1999, 13). Umpirauhaset erittävät hormoneja verenkiertoon ja ne toimivat kemiallisina viestinviejinä. Kohde- elimessä hormonit kontrolloivat organismin toimintaa. Verenkierron mukana kulkevat hormonit saavuttavat siis käytännössä kaikki elimistön osat. Kohde- elimen reseptorit mahdollistavat hormonin siirtymisen oikeaan organismiin. (Wilmore & Costill 2004, 160- 161). Hormoneja tarvitaan säätelemään ihmisen lisääntymistoimintoja, kehitystä ja kasvua sekä aineenvaihduntajärjestelmää. Hormonit vaikuttavat myös keskushermoston kautta mielialaan, havainto- ja tiedostamistoimintoihin sekä käyttäytymiseen. (Saure 1999, 13). Hormonien tuotantoa säätelee hypothalamus- aivolisäkejärjestelmä, johon vaikuttavat ympäristö, hermosto ja hormonaalinen toiminta. Harjoituksen aikana hormonituotanto saa alkunsa lihasten ja motoristen yksiköiden lähettämistä viesteistä. (Bunt 1986, 332- 333).

Testosteroni (TES). Mieshormoneja eli androgeeneja muodostuu elimistössä kiveksissä, lisämunuaisen kuorikerroksessa ja naisilla jonkin verran myös munasarjoissa. Testosteroni muodostuu pääasiassa kiveksen välisoluissa, mikä selittää miesten korkeammat testosteroniarvot naisiin verrattuna. Testosteroni on vaikutukseltaan anabolinen (rakentava), jota sukupuoli-hormonia sitova proteiini (SHBG) kuljettaa verenkierrossa. (Guyton & Hall 2006, 1003; Niensted ym. 1989, 436).

Kortisoli (KORSOL). Kortisoli on ihmisen tärkein glukokortikoidi, jota erittyy lisämunuaisen kuorikerroksista noin 15- 30 mg vuorokaudessa. Glukokortikoidit kiihdyttävät maksassa tapahtuvaa glukoneogeneesiä eli glukoosin uudismuodostusta, jolla on positiivinen vaikutus hiilihydraattiaineenvaihduntaan. Elimistön muissa osissa kortisolin vaikutus on katabolinen (hajottava), koska se vähentää valkuaisainesynteesiä ja lisää valkuaisaineiden pilkkoutumista. (Guyton & Hall 2006, 944; Niensted ym. 1989, 403- 404).

Verenkierrossa vain pieni osa kortisolista on vapaana. Vapaa kortisoli on biologisesti aktiivinen ja saa aikaan kortisolin metaboliset vaikutukset. Kortisolin erityys on voimakkainta aamulla ja alhaisimmillaan keskiyöllä. Voimakas stressi lisää kortisolin eritystä. Stressillä tarkoitetaan tässä kohdin esimerkiksi fyysisiä, kemiallisia, psyykkisiä rasituksia tai henkistä jännittyneisyyttä (Niensted ym. 1989, 404). Hyvän fyysisen kunnon on todettu helpottavan työperäistä stressiä (Ritvanen 2006, 55).

5.6.1 Hormonitasojen säätelytekijät

Hypotalamus- aivolisäkejärjestelmän säätelystä johtuen hormonien määrä verenkierrossa on syklinen. Hormonitasoihin vaikuttavat umpirauhasen erittämän hormonin määrä, elimistön katabolisen tilan taso, kuljettajaproteiinien määrä verenkierrossa (testosteronilla SHBG) ja plasmavolyymien muutokset. Umpirauhasten erittämiin hormonimääriin vaikuttavat siten useat eri tekijät, jotka voivat rajoittaa (inhiboida) tai kiihdyttää (fasilitoida) hormonituotantoa. (McArdle ym. 2007, 421).

Umpirauhasen eritystä (hormonituotantoa) stimuloi hormonaaliset, humoraaliset ja neuraaliset tekijät. *Hormonaalinen säätely* tarkoittaa hormonien keskinäisriippuvuutta. Esimerkiksi aivo-lisäkkeen etulohkon luteinisoiva hormoni (LH) stimuloi testosteronin eritystä. *Humoraalinen säätely* tapahtuu niiden verenkierron ravintoaineiden ja elimistön nesteiden (esim. sappineste) välityksellä, jotka eivät osallistu hormonaaliseen säätelyyn. Esimerkiksi korkea veren glukoosipitoisuus lisää haiman insuliinin eritystä. *Neuraalinen säätely* tarkoittaa hermostollisen aktiivisuuden vaikutusta hormonien määrään. Esimerkiksi stressin seurauksena sympaattinen hermosto stimuloi lisämunuaisytimen adrenaliinin ja noradrenaliinin erittymistä. (McArdle ym. 2007, 423- 424).

Useimpien hormonien erityks lisääntyy siis tarvittaessa erilaisten ärsykkeiden vaikutuksesta. Monille hormoneille on tyypillistä selkeä syklistyys. Sykli voi olla vuorokauden (kortisoli, kasvuhormoni) tai jopa useiden viikkojen mittainen. (McArdle ym. 2007, 424).

5.6.2 Fyysisen harjoittelun ja sotilastehtävien vaikutukset hormonivasteisiin

Plasman testosteronitaso nousee kuormituksessa sekä miehillä että naisilla 15- 20 minuuttia suorituksen alkamisen jälkeen (McArdle ym. 2007, 434- 437), mutta kuormituksen jatkuessa testosteronin määrä verenkierrossa laskee (Kuoppasalmi 1981, 40). Plasman SHBG:n testosteronin sitomiskykyyn sen sijaan kuormituksella ei ole vaikutusta (Kuoppasalmi 1981, 40).

Hyvällä fyysisellä kunnolla on havaittu olevan testosteronitasoja laskeva vaikutus keskitehossa kuormituksessa. Hyväkuntoiset ihmiset pystyvät rasituksessa todennäköisesti käyttämään tehokkaammin hyödykseen testosteronivarastoja, joka voi selittää plasman testosteronin pienemmän määrän verrattuna huonokuntoisiin. (Adlercreutz ym. 1986).

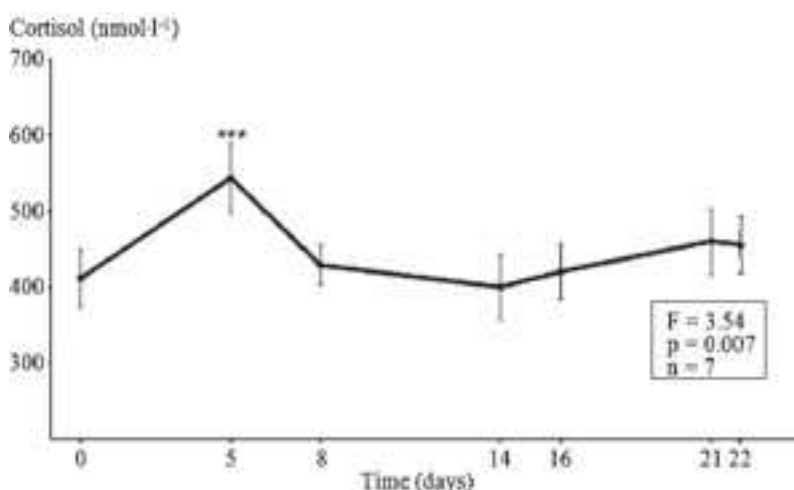
Pitkäaikaisen ja rasittavan sotilaskoulutusohjelman on todettu sen sijaan laskevan merkittävästi testosteronitasoja (Gomez- Merino ym. 2003, 1034- 1037; Aakvaag ym. 1978, 283). Samansuuntaisia havaintoja on tehty urheilijoilla, joiden testosteronitasot laskivat merkittävästi kovan harjoittelukauden aikana (Salvador ym. 2001). Levossa sen sijaan erittäin hyvässä fyysisessä kunnossa olevien urheilijoiden testosteroni arvot eivät poikkea passiivisten ihmisten lepoarvoista (Kuoppasalmi 1981, 31; Adlercreutz 1986). Australialainen tutkijaryhmä tutki Australian armeijan alokkaita 45 päivän ajan peruskoulutuskaudella. Havaintoina oli yllirasitustilan tunnusmerkkejä kuten väsymystä, huonolaatuista unta, rautavarastojen hupe-
nemista, loukkaantumisia ja hormonaalisia muutoksia. Kasaantuvaa univajetta pidettiin suurimpana hormonaalisten muutosten ja yllirasituksen aiheuttajana, ei niinkään fyysisen rasituksen. Tutkijat tulivat siihen johtopäätökseen, että sotilailla tulee olla riittävästi hyvälaatuista unta ennen vaativia palvelustapahtumia. (Booth ym. 2006).

Intensiivinen ja toistuva harjoittelu laskee testosteroni ja nostaa kortisolitasoja. Testosteronin määrä voi laskea miehillä jopa alle naisten tasojen erittäin kovassa ja uuvuttavassa fyysisessä rasituksessa. Tällainen todella uuvuttava rasitus voi johtaa tilanteeseen, jossa kehon katabolinen tila ottaa ylivallan rakentavasta anabolisesta tilasta ja pitkää jatkuessaan aiheuttaa fyysisen kunnan heikkenemistä. Pitkän matkan juoksijoilla on kuormittumisen arvioinnissa käytetty testosteronin ja kortisolin suhdetta (TES/KORSOL)(Adlercreutz 1986), joka tarkoittaa käytännössä kehon anabolista tilaa (McArdle ym. 2007, 434- 437). Testosteronin ja TES/SHBG suhteen on havaittu myös laskevan harjoituksen aikana. Lasku on sitä suurempi, mitä rasittavampi harjoitus on. (Kuoppasalmi 1981, 30). Elimistön on yllirasittunut, jos TES/KORSOL on laskenut yli 30 % (Adlercreutz ym. 1986). TES/KORSOL suhteen laskuun vaikuttaa siis kortisolin kasvu ja/ tai testosteronin lasku. Uupumuksen syiden tarkka määrittäminen vaatii näiden hormonaalisten muutosten tarkastelua verrattuna johonkin muuhun uupumusta kuvaavaan tunnuslukuun, esimerkiksi henkilön omaan tuntemukseen kyselyn perusteella. Testosteronin on havaittu korreloivan kortisolia paremmin esimerkiksi määritettäessä uupumuksen tasoa. (Maso ym. 2004).

Vaativat sotilastehtävät, joissa on energia- ja univajetta ja ovat rasitukseltaan vähintään 35 % VO_2max :sta, laskevat testosteroniarvoja jopa 90 %. Unen aikana testosteronitasot normaalisti nousevat, mutta rankka sotilaskoulutus estää tämän normaalin yönaikaisen androgeenien erittymisen. Yönaikainen estynyt androgeenien erittyminen kiihdyttää elimistön katabolista tilaa, mutta muutaman tunnin lisäuni vähentää merkittävästi katabolian vaikutuksia. (Opstad 2005). Opstadin havainnot tukevat siis Boothin (2006) johtopäätöksiä.

Tutkimuksissa on havaittu rasituksen määrän ja intensiteetin vaikuttavan kortisoliarvoja kohottavasti ja TES/KORSOL suhdetta laskevasti (González-Bono ym. 2002). Kuoppasalmen (1981, 24) mukaan harjoittelun intensiteetti nostaa kortisoliarvoja enemmän kuin harjoituksen kesto, esimerkiksi maratonin jälkeen kortisoliarvot voivat olla lähes kaksinkertaiset verrattuna lähtöarvoihin. Tutkijat ovat kuitenkin yksimielisiä siitä, että kortisolin erityis lisääntyminen merkittävästi fyysisen rasituksen aikana (Häkkinen & Pakarinen 1993; Bunt 1986; Kraemer ym. 1989; Salvador 2001), joskin kortisolin erityis on yksilöllistä (González-Bono ym. 2002). O'Connor ym. (1989) ovat tutkimuksessa viitanneet lisääntyneen kortisolitasoon olevan yhteydessä mielialan muutoksiin, mutta Salvador ym. (2001) eivät yhteyttä omassa tutkimuksessaan havainneet.

Utin Jääkärirykmentti toimeenpani vuonna 2003 taisteluharjoituksen, johon liittyi fyysisen suorituskyvyn ja pitkäkestoisen kuormituksen aiheuttamien fysiologisten vasteiden tutkimus. Tutkimusjoukko edusti reservimme terävintä kärkeä. Joukko toimi kolmen viikon ajan raskaissa olosuhteissa. Ensimmäisen viikon aikana energiavajaus oli 4000 kcal/ päivä, lisäkantamus noin 50 kg ja päivittäinen kävelymatka 20- 25km. Toisen viikon aikana energiavajaus oli 450 kcal/ päivä, lisäkantamus 20- 25 kg ja päivittäinen kävelymatka 5- 10 km. Kolmannella viikolla energiavajaus oli 1000 kcal/ päivä, lisäkantamus 30 kg ja päivittäinen kävelymatka 15 km. Ensimmäisen viikon aikana seerumin kortisoliarvot nousivat 32 prosenttia ja testosteronin arvot laskivat 27 prosenttia. Toisen viikon alkuun mennessä seerumin kortisoli ja kasvuhormonitasot palautuivat harjoitusta edeltäneelle tasolle ja testosteroni palautui alkutasolle kolmannen viikon alkuun mennessä. Testosteronin määrä jopa lisääntyi (+ 29 %) harjoituksen viimeisellä viikolla verrattuna harjoitusta edeltäviin arvoihin. Tutkimusjoukko päätyi olettamukseen, että alle 1000 kcal:n päivittäinen energiavaje ei ole hormonitoimintaa rajoittava tekijä. Kuvasta 4 ilmenee kortisolin muutokset harjoituksen aikana. (Kyröläinen ym. 2007).



Kuva 4. Kortisolin muutokset partiotiedusteluharjoituksen aikana (Kyröläinen ym. 2007).

Opstad (2005) on tutkinut hormonaalisia muutoksia norjalaisilla kadeteilla 5- 7 päivän ras-
kaan harjoituksen (ranger course) aikana. Kohonneet glukokortikoidi (mm. kortisoli) arvot
johtuivat fyysisen rasituksen ja energiavajauksen yhteisvaikutuksesta (vrt. kuva 4). Kor-
tisoliarvot ovat alempia lepovaiheen aikana, jos energiavajausta ei ole. Kortisoliarvot nouse-
vat hyvin levänneillä henkilöillä, jos rasitus kestää vähintään tunnin ja on kuormitukseltaan
vähintään 60 %:ia VO₂max:sta.

Kuumissa olosuhteissa (+ 35- 40°C) kortisoliarvoissa ei ole havaittu merkittävää lisääntymis-
tä, mikäli henkilö on akklimatisoinut kuumiin olosuhteisiin. Sen sijaan sopeutumattomuus
kuumiin olosuhteisiin voi muuttaa merkittävästi kortisoliarvoja ennen ja jälkeen harjoittelun.
Kuumiin olosuhteisiin sopeutuminen mahdollistaa tehokkaamman ruumiillisen työn. (Arm-
strong ym. 1989, 41).

Iellamo ym. (2003) tutkivat urheilijoilla autonomisen hermoston aktiivisuutta suhteessa hor-
monivasteisiin. Kilpailuaamun kortisolitasot olivat merkittävästi korkeammat verrattuna kont-
rollipäivään. Kortisoliarvot nousivat edelleen kilpailupäivän kuluessa, kun normaalipäivänä
kortisolitasot laskevat aamuarvosta. Tulokset osoittivat stressaavan kilpailutilanteen nostavan
kortisoliarvoja. Todennäköisesti myös työperäinen autonomisen hermoston stressitila saattaa
nostaa kortisoliarvoja vastaavalla tavalla. Eräs selitys korkeammille lepokortisoli arvoille
saattaa olla lisämunaisten kasvanut kortisolin erityys kovan rasituksen tai harjoittelukauden
aikana. Katabolisessa tilassa elimistön kreatiinikinaasi arvot ovat myös kohollaan johtuen
lihasarkuudesta. Tästä yhteisvaikutuksesta johtuen kortisolin lepoarvot ovat koholla verrattu-
na normaalitilaan. (Kirwan ym. 1988).

Tutkimuksissa on myös havaittu kortisolierityksessä olevan huomattavia yksilöllisiä eroja.
Rankka työviikko voi sekä laskea että nostaa kortisoliarvoja. Pelkästään stressin taso ei selitä
kaikilta osin kortisolin erittymisen syytä. Syynä saattaa olla myös uupumisen taso, joka on
yhteydessä työuupumiseen. Kova stressi uupuneilla työntekijöillä voi estää kortisoliarvojen
nousun. (Dahlgren ym. 2004, 913- 914).

Väänänen (2004) on tutkinut sotilailta muun muassa kortisoli- ja testosteronivasteita neljän
päivän keskiteholla suoritettuna marssin aikana. Kortisolitasot nousivat ensimmäisen marssi-
päivän aikana 60 %. Testosteronitasot sen sijaan laskivat keskimäärin 20 % kahden ensim-
mäisen päivän aikana. Näiden muutosten jälkeen hormonaaliset vasteet eivät merkittävästi
muuttuneet johtuen hormonien tuotantoa säätelevän hypotalamus- aivolisäkejärjestelmän so-

peutumisesta keskitehoiseen rasitukseen. Tutkimus osoitti, että pitkäkestoinen ja 60- 90 %:lla maksimisykkeestä suoritettu kestävyysuoritus onnistuu hyvin hyvän aerobisen kunnon omaavilta henkilöiltä.

5.7 Kuormittumisen vaikutukset sykevälivaihteluun

Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan sydämen sykkeen vaihtelua lyönnistä toiseen. Sykevälivaihtelu kertoo leposykettä nopeammin elimistön kuormittuneisuuden asteen. Palautuneessa tilassa leposyke laskee ja sykevälivaihtelu on suurempaa. Kuormittuneessa tilassa sykevariaatio on pienentynyt, joka viestii autonomisen hermoston säätelyn häiriintymisestä. (Hynynen 2007). Toisaalta pienentynyt sykevälivaihtelu lepotilassa kertoo myös parasympaattisen hermoston aktiviteetin lisääntymisestä (Jouanin ym. 2004). Sykevälivaihtelu edustaa luotettavasti sydämen autonomista aktiviteettia (Berntsson ym. 1997). Sykevälivaihtelu on käyttökelpoinen muuttuja arvioitaessa fyysistä ja psyykkistä kuormittumista. Mittaamisesta tulee sitä luotettavampi mitä pidempi mittausjakso on. Yleisen suositusten mukaisesti mittausajanjakson tulee olla vähintään kymmenen minuuttia, jolloin mukaan tulevat psyykkisen ja fyysisen aktiivisuuden ja vuorokausirytmien aiheuttamat vaikutukset. (Kyröläinen ym. 2004).

Sykevälivaihtelun seurannalla on havaittu työntekijöiden rasittuneisuus kuormittavien työviikkojen aikana, jolloin sykevariaatio on pienentynyt yöunen aikana (Pichot ym. 2002). Sykevälivaihtelun mittaamisella saadaan selville autonomisen hermoston (parasympaattinen ja sympaattinen) vasteet erilaisissa kuormitustilanteissa. Sykevälivaihteluun vaikuttavat useat eri tekijät, muun muassa koehenkilöiden fyysinen ja henkinen rasitusaste.

6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Sotilaan fyysisen toimintakyvyn tutkimus on monitieteellistä toimintaa, jossa sovelletaan biomekaniikkaa, liikuntafysiologiaa, valmennus- ja testausoppia, liikuntapedagogiikkaa, liikuntapsykologiaa ja liikuntalääketiedettä. Poikkitieteellisenä tutkimusalueena sotilaan fyysisen toimintakyvyn tutkimus on soveltavaa tutkimustoimintaa (Kyröläinen & Santtila 2006b, 227). Liikuntabiologiselta kannalta tarkasteltuna sotilaan toimintakyky muodostuu fyysisestä, psyykkisestä, eettisestä ja sosiaalisesta tekijästä. Suorituskyky on toimintakyvyn alakäsite ja tarkoittaa yksilön valmiuksia. (Toiskallio 1998, 25- 26). Toimintakyky on yksi sotilaspedagogiikan ydinalueista, joka kuuluu sotatieteisiin (Toiskallio 1998, 7-9).

Liikuntatieteissä toimintakyvyllä tarkoitetaan lähinnä suorituskykyä, johon vaikuttavat useat muuttujat. Suorituskyvyn tasoon vaikuttaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto. Hengitys- ja verenkiertoelimistön tehtävänä on mahdollistaa ravintoaineiden ja hapen välittäminen työskenteleville lihaksille lihastyön vaatiman energian tuottamiseksi sekä metabolisten kuona-aineiden poiskuljettaminen elimistöstä (McArdle ym. 2007, 314). Liikuntabiologisin tutkimusmenetelmin pyritään arvioimaan yksilön fyysistä toimintakykyä fyysisissä tehtävissä ja työssä (Kyröläinen 1998, 25- 26).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia kuormitusfysiologisia vasteita sotilaallinen harjoitus aiheuttaa esikunta- ja viestipataljoonan keskeisissä johtajatehtävissä toimiville sotilaille. Tutkimus koostui sekä kyselytutkimuksesta että kokeellisesta osiosta. Tavoitteena oli tutkia, miten kenttäkelpoisuustesteillä mitattu fyysinen suorituskyky (kuntaindeksi) korreloi kuormitusfysiologisten vasteiden kanssa. Tulosten perusteella pohditaan kriittisesti myös nykyistä kenttäkelpoisuuden alinta hyväksyttävää tasoa.

Tutkimusongelmat ovat:

1. Millainen on esikunta- ja viestipataljoonan ammattisotilaiden kuormittumisen taso omassa sodan ajan tehtävässään sotilaallisen harjoituksen aikana ja miten heidän kenttäkelpoisuustesteillä mitattu fyysinen kunto vaikuttaa kuormittumiseen?
2. Onko heidän fyysisessä kunnossa olemassa tarvittavaa reserviä yllättävien tilanteiden varalle?

Tutkimusongelmiin liittyvät hypoteesit:

Ammattisotilaiden osalta sotilaallisen harjoituksen aikainen kuormittuminen muodostuu fyysisen rasituksen lisäksi tehtävän, tilanteen, ympäristön ja vuorokausirytmien sekoittumisen aiheuttamista stressitekijöistä.

Nykyisten testien alimmassa hyväksyttävässä kenttäkelpoisuuden tasossa ei ole tarvittavaa fyysistä reserviä.

7. TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1. Koehenkilöt

Koehenkilöt olivat Itä- Suomen viestipataljoonan (I-SVP) ammattisotilaita, jotka toimivat tutkimuksen mittauksen ajan omassa sodanajan sijoituksen mukaisessa tehtävässään Karjalan Jääkäriprikaatin esikunta- ja viestipataljoonassa. Kriteerinä tutkimukseen osallistumiselle oli toimiminen edellä mainitussa tehtävässä koko harjoituksen ajan. Kriteerit täyttäviä oli ennen alkumittauksia 11 henkilöä. Yksi koehenkilö perui osallistumisen mittauksiin vedoten henkilökohtaisiin syihin ja yksi koehenkilö oli sairaslomalla. Alkumittauksiin osallistui siten 9 vapaaehtoista koehenkilöä, jotka olivat 24- 38 vuotiaita miehiä, keski- iän ollessa 30 vuotta. Koehenkilöiden kuntoluokka oli keskimäärin 3.0. Karjalan Prikaatin sotilaiden (n= 426) vuoden 2007 HKI oli keskimäärin 3.8, joten tämän tutkimuksen koehenkilöt olivat huonokuntoisempia kuin Karjalan Prikaatin sotilaat keskimäärin. (Karjalan Prikaati, koulutussektori).

Alkumittausten perusteella jokainen testattava profiloitiin fyysisten ja antropometristen ominaisuuksien perusteella (taulukko 2). Esikunta- ja viestipataljoonasta tutkimukseen osallistui- vat seuraavat upseerit, numerokoodi esiintyy myöhemmin esitettäessä tuloksia: täydennys- ja kuljetusupseeri (1), pataljoonaupseeri (2), viestikomppanian varapäällikkö (3), vuoropäällikkö (4), viestiliikenneupseeri (5), tietojärjestelmäupseeri (6), viestikomppanian päällikkö (7), esikuntakomppanian päällikkö (8) ja huoltokomppanian päällikkö (9).

Taulukko 2. Koehenkilöiden taustatiedot keskiarvoina ja keskihajontoina. BMI tarkoittaa kehon massaindeksiä (body mass index).

Ikä	30 ± 4
Pituus (cm)	181 ± 8
Paino, alussa (kg)	83.9 ± 7.3
Paino, lopussa (kg)	83.3 ± 6.5
Rasvamäärä (%)	19.9 ± 2.5
BMI	25.5 ± 2.1

7.2 Koeasetelma

Tutkimukselle saatiin lupa Karjalan Prikaatin komentajalta. Ihonalaisia mittauksia varten saatiin Jyväskylän Yliopiston eettisen toimikunnan lausunto, joka liitettiin puolustusvoimien ylilääkärin lupa- anomukseen. Maanpuolustuskorkeakoulun koulutustaidon laitokselta saatiin rahoitus hormonivasteiden määrittämistä varten.

Kevään 2007 aikana testattavalle henkilöstölle suoritettiin infotilaisuus ja sykevälivaihtelumittareille pilottitestaus Vekaranjärvellä. Infotilaisuudessa kerrottiin tutkimuksen tarkoitus ja tavoite sekä selvitettiin oikeudelliset asiat ja tutkimuksen luvanvaraisuus.

Tutkimus suoritettiin Karjalan Prikaatissa kesäkuussa 2007 liittyen Itäisen Maanpuolustusalueen sotaharjoitukseen. Ennen harjoitusta suoritettua alkumittauksessa määritettiin koehenkilöiden lähtötasot. Harjoituksen ensimmäisen vaiheen jälkeen koehenkilöillä oli normaalityöpäivä varuskunnassa, jolloin valmistauduttiin siirtymään harjoituksen toiseen vaiheeseen Pohjois- Karjalaan. Loppumittaukset suoritettiin Pohjois- Karjalan Prikaatissa sotaharjoitusvaiheen päätyttyä. Sykevälidataa kerättiin harjoituksen aikana yhteensä kolmena vuorokautena. Koehenkilöt ylläpitivät sotapäiväkirjaa koko harjoituksen ajan. (taulukko 3).

Taulukko 3. Mittausten suorittaminen ja sotilaallisen harjoituksen aikataulu.

Harjoituspäivä	Tapahtuma
0	Alkumittaus, verinäyte
1	1. Vaihe
2	1. Vaihe
3	1. Vaihe
4	1. Vaihe
5	1. Vaihe
6	1. Vaihe
7	1. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus
8	1. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus, verinäyte
9	Työpäivä varuskunnassa
10	2. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus
11	2. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus
12	2. Vaihe
13	2. Vaihe
14	2. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus
15	2. Vaihe, sykevälivaihtelumittaus, verinäyte

Tässä tutkimuksessa käytettävät kyselyt olivat liikunta- ja terveyskäyttämisen kysely sekä henkisen vireen kysely. Molemmat ovat tunnettuja ja laajasti käytettyjä, joten erilliselle kyselyn esitestaukselle ei ollut tarvetta. Liikunta- ja terveyskäyttämiskysely on tyypillinen

strukturoitu kysely. Kyselyn pohja muutettiin henkilökunnalle sopivaksi ja hyväksyttiin työn ohjaajilla.

7.3 Sotilaallisen harjoituksen kuvaus

Harjoitus oli Karjalan Prikaatin vuoden 2006 heinäkuussa palvelukseen astuneiden varusmiesjohtajien ja tammikuussa palvelukseen astuneen saapumiserän pääsotaharjoitus. Harjoituksen ensimmäinen vaihe (8vrk) toteutettiin Valkealan - Mäntyharjun alueella. Harjoituksen teema oli Jääkäriprikaatin hyökkäystaistelu. Taisteluteknisenä ja taktisena teemana oli mekanisoidun vastustajan lyöminen kohtaamistaistelussa. Harjoitus toteutettiin taisteluammunnoin ja kaksipuolisena taisteluharjoituksena. Harjoitukseen osallistui Karjalan Prikaatin ohella runsaasti joukkoja muista Itäisen Maanpuolustusalueen joukko-osastoista ja esikunnista. Lisäksi mukana oli joukkoja Panssariprikaatista. Yhteensä harjoitukseen osallistui noin 2200 sotilasta ja noin 500 ajoneuvoa. Ensimmäisessä vaiheessa esikunta- ja viestipataljoona harjoitteli yhtymän viestiverkon perustamista ja liikettä hyökkäyksen mukana. Tässä vaiheessa koehenkilöt toimivat omassa sodanajan tehtävässään ja samalla kouluttivat omia joukkojaan. Harjoitusajana olosuhteet olivat vaativat. Päivällä lämpötila nousi yli hellerajan yölämpötilan ollessa +10 °C. Maasto ja tiet olivat erittäin kuivia, jolloin pölyn määrä työskentelytiloissa oli huomattava. Ensimmäisen vaiheen jälkeen henkilöstöllä on normaalityöpäivä, jonka aikana huollettiin kalustoa ja valmistauduttiin siirtymään seuraavan aamun aikana moottorimarssilla Pohjois- Karjalaan.

Harjoituksen toinen vaihe (6 vrk) toteutettiin Kontioranta- Tuupovaara- Ilomantsi alueella, joten moottorimarssin pituudeksi muodostui noin 500 kilometriä. Toinen vaihe muodostui ensimmäistä vaihetta kevyemmäksi. Harjoituksen tempo oli ensimmäistä vaihetta rauhallisempi ja pääpaino oli viestiverkon ylläpitämisessä. Lämpötila oli toisessa vaiheessa huomattavasti viileämpi, päivälämpötilat olivat +10- +18 °C ja lähes päivittäin oli kuurosaateita.

7.4 Empiirisen aineiston hankinta

Verinäytteet. Verinäytteitä otettiin kyynärvarren laskimosta vuorokausi ennen harjoituksen alkua, ensimmäisen sekä toisen vaiheen jälkeen, jotka kerättiin laskimoseerumi putkiin (Terumo Medical Co., Leuven, Belgium). Kaikki verinäytteet otettiin aamulla klo 08- 09 välisenä aikana. Kaksi ensimmäistä näytettä otettiin Karjalan Prikaatin laboratoriossa ja jälkimmäinen Pohjois- Karjalan Prikaatin laboratoriossa harjoitustilanteen päätyttyä. Koehenkilöille oli an-

nettu ohjeeksi olla nauttimatta kofeiinipitoisia tuotteita kaksi tuntia ennen mittauksia, muita rajoituksia ruokailun suhteen ei ollut.

Stressihormoneina määritettiin testosteroni ja kortisoli sekä sukupuolihormonia sitova proteiini (SHBG). Hormonimäärittelyssä hyödynnettiin luminesenssi-immunomääritystä (luminoimmunoassay), jotka analysoitiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella IMMULITE® 1000 analysaattorilla (Los Angeles, USA). Luminesenssillä tarkoitetaan kemiallisen energian muuttumista valoksi, jossa luminoivan leiman valoa kehitetään esimerkiksi emäksellä tai hapettavalla yhdisteellä. (Välimäki 2000, 28). Kreatiiniakinaasiaktiivisuus (CK) analysoitiin entsymaattisella menetelmällä (Boehringer Mannheim, Germany).

Pieni verenkuvaa analysoitiin näytteenottopaikkakunnilla käyttämällä Nihon Kohden MEK-6108 K-analysaattoria (Tokio, Japani), joka on moniparametrinen hematologinen analysaattori. Laite mittaa solujen määrän ja kokojakauman tilavuutta kohden perustuen vastusmittausmenetelmään. Punasolujen määrän mittaamiseen käytettiin induktaasimenetelmää, hemoglobiinin määrittelyyn käytettiin kolorimetristä menetelmää (aallonpituus 540 fotonia) ja hematokriitin määrittelyssä pulssijonomenetelmää.

Verentilavuus (BV), punasolujen tilavuus (CV) ja plasmatilavuus (PV) saadaan laskettua seuraavien kaavojen kautta, kun oletuksena on, että ensimmäisen mittauksen verentilavuus (BV) on 100 (Dill & Costill 1974): $BV2 = BV1 (Hb1/Hb2)$; $CV2 = BV2 (Hkr2)$; $PV2 = BV2 - CV2$

Leposyke. Koehenkilöille jaettiin edellisen viikon aikana Suunnon Smart Belt sykemittarivyö. Yhdelle testihenkilölle ei mittaria saatu jaettua lomamatkan johdosta. Testihenkilöt mittasivat viikonlopun aikana yhden yön yli kestävästä mittauksesta. Yhdeksästä viikonlopun aikana suoritettusta mittauksesta vain neljä oli onnistunut. Muissa oli mittausaikaisia häiriöitä runsaasti tai sitten sykedataa ei ollut tallentunut ollenkaan. Kaikissa epäonnistuneissa mittauksissa oli sykepariston paristo vajaa tai tyhjä. Leposyke jouduttiin varmistamaan siten, että verinäytteiden oton jälkeen kaikki testihenkilöt asetettiin kuntosaliin patjan päälle makuulle. Testihenkilöt olivat makuullaan vähintään viisi minuuttia. Leposyke mitattiin kaulavaltimosta tai ranteesta laskemalla minuutin ajalta jokainen sydämen lyönti. Neljän yön aikana onnistuneen leposykemittausten tuloksia verrattiin maanantaiaamun tuloksiin ja huomattiin aamun leposykeiden olevan huomattavasti korkeampia (n. 20- 30 lyöntiä/min). Syinä testihenkilöt mainitsivat muun muassa alkumittausten aiheuttaman jännityksen sekä tulevan harjoituksen valmistelu-

lut. Viiden testihenkilön kohdalta jouduttiin käyttämään maanantaiaamuna mitattuja leposykeitä.

Maksimisyke ja VO_2max . Maksimisyke saatiin Cooperin testin aikana mitatuista sykkeistä purkamalla sykemittarit testin jälkeen tietokoneelle. Cooperin testin perusteella voidaan määrittää maksimaalisen hapenoton arvo (VO_2max). Juoksutestin korrelaatio laboratoriossa mitattuihin arvoihin on korkea ($r=0.897$) (Cooper 1968).

Kyselyt. Liikunta- ja terveyskäyttämiskysely ja POMS- mielialakysely (Profile of Mood States) suoritettiin leposykkeen mittaamisen jälkeen. Lisäksi kevään infotilaisuudesta poissaolleet allekirjoittivat tiedotteen ja suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta. Mielialakysely uusittiin samansisältöisenä Pohjois- Karjalassa suoritettujen loppumittausten yhteydessä.

Antropometria. Antropometriset ominaisuudet mitattiin Karjalan Prikaatin testausasemalla. Paino mitattiin digitaalisella henkilövaakaalla (Seca: Vogel & Halke, Germany). Pituus mitattiin seinään kiinnitetyllä rullamitalla (KaWe). Rasvaprosentin tutkija mittasi käyttämällä Durnin & Womersleyn (1974) neljän pisteen menetelmää (biceps, triceps, lapaluu ja suoliluu). Rasvapihtimittarina oli Holtain Skinfold Caliper. Testahuoneen ilmankosteus oli 45 % (Hygro- Synth) ja lämpötila 26 °C. Paino mitattiin uudestaan loppumittausten yhteydessä käyttämällä samaa henkilövaakaa.

Lihaskuntotesti ja Cooper. Testihenkilöille suoritettiin lihaskuntotesti, joka on osa jokavuotista kenttäkelpoisuustestistöä. Ennen lihaskuntotestiä testattavat saivat omatoimisesti lämmitellä soutulaitteella tai kuntopyörällä noin viidentoista minuutin ajan. Lihaskuntotestit muodostuivat neljäosaisesta testistöstä (minuutin etunojapunnerrus, minuutin istumaan nousu, käden puristusvoima ja minuutin toistokyykistys) sekä kehon painoindeksistä (BMI; Body mass index). Puristusmittarina käytettiin testiaseman Saehan/ Fysioline mittaria. Lihaskuntotestien tulokset syötettiin MILFIT IV ohjelmaan, josta saatiin henkilöille määritettyä henkilökohtainen kuntoindeksi (HKI).

Cooperin testi oli tarkoitus juosta käyttämällä Smart Belt sykepantoja, mutta johtuen viikonlopun aikana havaituista ongelmista päädyttiin käyttämään testausasemalta saatuja Polar Vantage NV sykemittareita (Polar Elektro OY, Kempele, Suomi). Mittareita saatiin käyttöön vain neljä kappaletta. Liikunnanohjaaja suoritti ensin neljälle koehenkilölle juoksutestin Karjalan Prikaatin 350 metriä pitkällä hiekkapäällysteisellä juoksuradalla. Olosuhteet olivat helteiset

lämpötilan ollessa + 27 °C ja ilma oli tyyni. Samaan aikaan suoritettiin lihaskuntotesti viidelle koehenkilölle. Juoksutestin jälkeen sykemittarit purettiin tietokoneelle ja vaihdettiin osastoja. Tähän menettelyyn jouduttiin, koska haluttiin varmistaa maksimisykkeen saaminen juoksutestistä. Kahteen osastoon jakaminen oli perusteltua, koska testihenkilöillä oli kiire harjoitusvalmisteluihin, näin voitiin säästää hieman aikaa. Lisäksi osa koehenkilöistä halusi valita juoksiko vai suorittiko lihaskuntotestin ensin.

Sykevälimittaus. Sykevälin mittaamiseen käytettiin Suunnon sykemittaria ja aineiston analysointiin First Beat hyvinvointiohjelmistoa (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi). Hyvinvointiohjelmistosta saadaan pdf- muotoisia raportteja energiankulutuksesta, harjoitusvaikutuksesta, voimavaroista, fyysisestä kuormittumisesta, painonhallinnasta ja stressireaktioista. Sykevälivaihtelumittaukset suoritettiin ensimmäisen vaiheen lopussa, toisen vaiheen alussa sekä lopussa (taulukko 4). Mittausjakso aloitettiin aamulla kello 0800 ja dataa kerättiin noin vuorokauden ajan. Sykemittarit purettiin kannettavalle tietokoneelle välittömästi mittausjakson päätyttyä. Viimeisen sykevälivaihteludatan purkutapahtuman jälkeen tiedostot lähetettiin Jyväskylään, jossa FirstBeat Technologies yhdisti tiedostot kesän 2007 aikana. Kuvassa 5 on sykevälipurkuun tarkoitettu laitteisto maastossa Pohjois- Karjalassa.



Kuva 5. Sykevälidatan purkamisen kannettavalle tietokoneelle suoritettiin myös harjoituksen aikana. Mittauslaitteisto esikunta- ja viestipataljoonan esikuntavaunun vieressä.

Unen määrä. Harjoituksen aikana nukuttu uni merkittiin jokaiselta vuorokaudelta sotapäiväkirjaan, joka jaettiin alkumittausten yhteydessä. Sotapäiväkirjaan ohjeistettiin merkittäväksi myös kaikki normaalia työjärjestyksestä poikkeavat tapahtumat.

7.5 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit suoritettiin Jyväskylän Yliopistolla marraskuussa 2007 SPSS for Windows 14.0 tilastolaskentaohjelmalla. Mittauspäivien keskinäisten erojen merkitsevyyden tarkasteluun käytettiin toistomittausten ANOVA:n parittaista vertailumenetelmää (LSD= Least Significant Difference). LSD menetelmä on Bonferroni- menetelmää epätarkempi, mutta pienissä otoksissa (kuten tässä työssä, $n=9$) saadaan herkemmin tilastollisia eroja. Mittausjaksojen eri muuttujien keskinäiseen vertailuun käytettiin Pearsonin korrelaatiotestiä. Tilastollisesti lähes merkitsevän rajana käytettiin arvoa $p < 0.05$ (*), merkitsevän raja on $p < 0.01$ (**) ja erittäin merkitsevä on $p < 0.001$ (***).

8 TUTKIMUSTULOKSET

8.1 Liikunnallisuus, terveys sekä fyysinen kunto

Liikuntakäyttäytyminen ja terveyskäyttäytyminen. Vapaa- aikanaan 11 % (1/9) koehenkilöistä ei harrastanut juuri mitään liikuntaa. Viikoittain yhtenä tai useampana päivänä rauhallista ja verkkaista liikuntaa harrasti 33 % (3/9) ja 56 % (5/9) harrasti yhdestä kolmeen kertaan viikossa ripeää ja reipasta liikuntaa. Viimeisen kolmen kuukauden aikana liikunnan määrä oli 56 %:lla (5/9) vähentynyt. 22 %:lla (2/9) olennaisia muutoksia liikunnan määrässä ei ollut tapahtunut, kun yhtä monella koehenkilöistä liikunnan määrä oli puolestaan lisääntynyt. Kaikki koehenkilöt arvioivat terveydentilansa vähintään kohtalaiseksi ja fyysisen kuntossa vähintään yhtä hyväksi verrattuna ikätovereihinsa. Fyysinen kunto ja terveys olivat koehenkilöiden mielestä parhaat liikunnan harrastamisen motiivit (6/9 koehenkilöistä). Muita motiivitekijöitä liikunnan harrastamiseen olivat virkistäytyminen (1/9), kilpailu (1/9) tai jokin muu syy (1/9).

Suurin osa koehenkilöistä (56 %) ei ollut koskaan tupakoinut säännöllisesti. 22 % (2/9) on lopettanut tupakoinnin yli puoli vuotta sitten ja saman verran koehenkilöistä tupakoi säännöllisesti. Rintakivusta ja hengenahdistuksesta levossa ilmoitti kärsivänsä 22 % (2/9) ja räsituksen aikana yksi koehenkilöistä. Pitkäaikaisista ja usein toistuvista tuki- ja liikuntaelinten vaivoista ilmoitti kärsivänsä 22 % (2/9) koehenkilöistä. Selkävaivoja oli 67 %:lla (6/9).

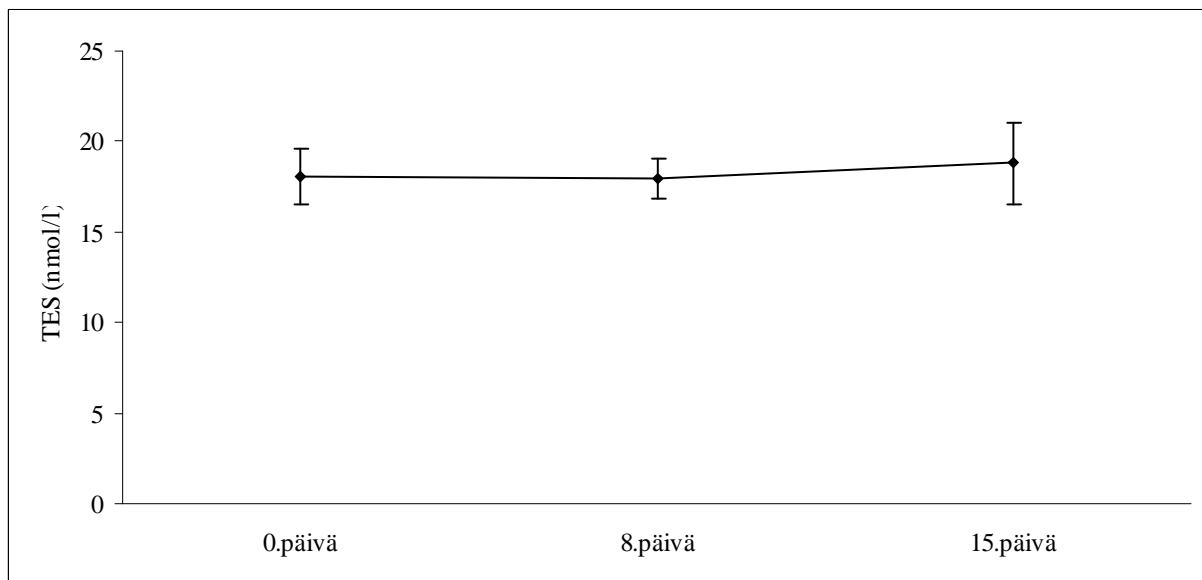
Lihaskuntotesti ja Cooper. Koehenkilöt suorittivat lihaskuntotestissä keskimäärin 36 ± 11 etunojaliikettä/ min, 39 ± 9 vatsalihasliikettä/min, 59 ± 5 kyykkyliikettä/ min ja puristusvoima oli keskimäärin 58 ± 7 kg. Cooper juoksutestin tulos oli 2470 ± 186 m. Kuntoindeksiksi (HKI) lihaskuntotestin ja Cooperin perusteella muodostui 3.0 ± 0.7 . (taulukko 4). Kuudella koehenkilöllä (1, 3, 4, 5, 7 ja 9) kuntoindeksi oli alle 3.0. Kukaan ei saavuttanut kiitettävää, lähimmäksi pääsi koehenkilö 8 (EKPÄÄLL, HKI= 4.6).

Taulukko 4. Koehenkilöiden lihaskuntotestissä ja Cooperissa saavuttamat tulokset. Etunoja, vatsat ja kyykky tarkoittavat suoritusten lukumäärää minuutissa. Puristuslukuarvo ilmoittaa molempien käsien keskiarvokilogrammaa, cooper lukuarvo tarkoittaa juostua matkaa (m) 12 minuutin aikana. Maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\text{max}$) on ilmoitettu ml/kg/min. HKI on laskennallinen henkilökunnan kuntoindeksi.

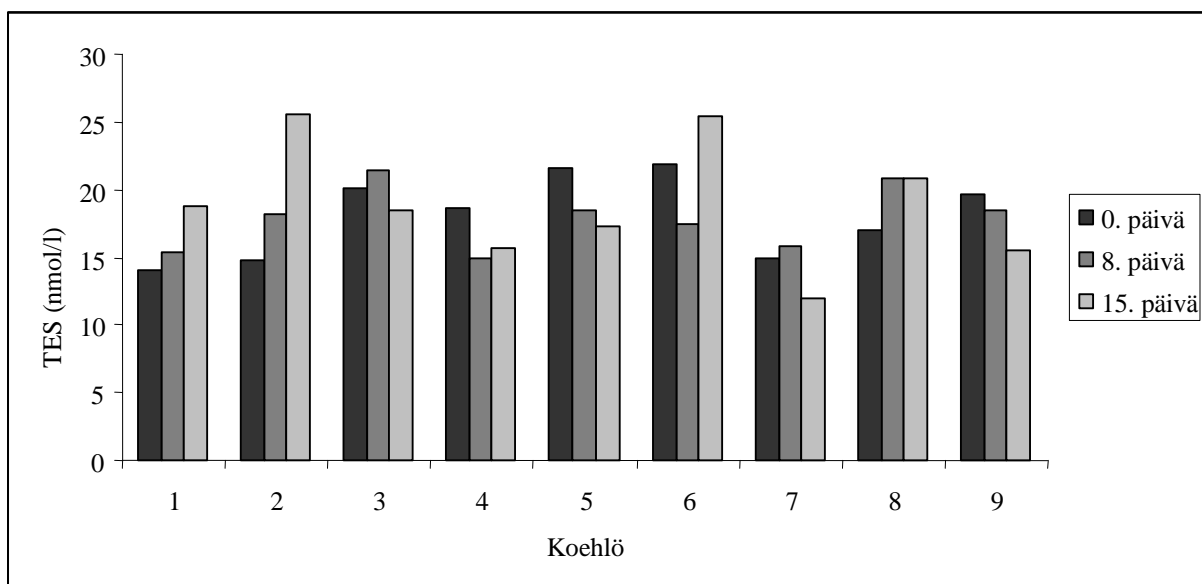
Hlö	etunoja	vatsat	puristus	kyykky	cooper	$VO_2\text{max}$	HKI
1	25	41	68	55	2305	40.4	2.9
2	35	48	60	62	2450	43.8	3.6
3	30	36	55	50	2500	45.0	2.8
4	28	20	61	60	2275	39.2	2.3
5	45	40	45	61	2500	45.0	2.6
6	32	50	54	55	2725	49.5	3.5
7	32	37	52	62	2350	42.0	2.4
8	60	33	65	66	2800	51.6	4.6
9	35	48	63	64	2325	41.6	2.8
ka	35.8	39.2	58.1	59.4	2470	44.2	3.0
hajonta	10.7	9.3	7.2	5.1	186	4.1	0.7

8.2 Hormonimuutokset

Hormonaaliset vasteet. Koehenkilöiden testosteronitaso ennen harjoitusta oli 18.0 ± 3.0 nmol/l, ensimmäisen vaiheen jälkeen 17.9 ± 2.2 nmol/l ja harjoituksen lopussa 18.8 ± 4.5 nmol/l. Testosteronin muutos ei ollut missään vaiheessa tilastollisesti merkittävä (kuva 6). Testosteronissa oli suuret henkilökohtaiset erot. Ensimmäisen vaiheen aikana testosteroni nousi viidellä koehenkilöllä (1, 2, 3, 7 ja 8). Testosteronin nousu jatkui neljällä koehenkilöllä (1, 2, 4 ja 6) toisen vaiheen aikana (kuva 7).



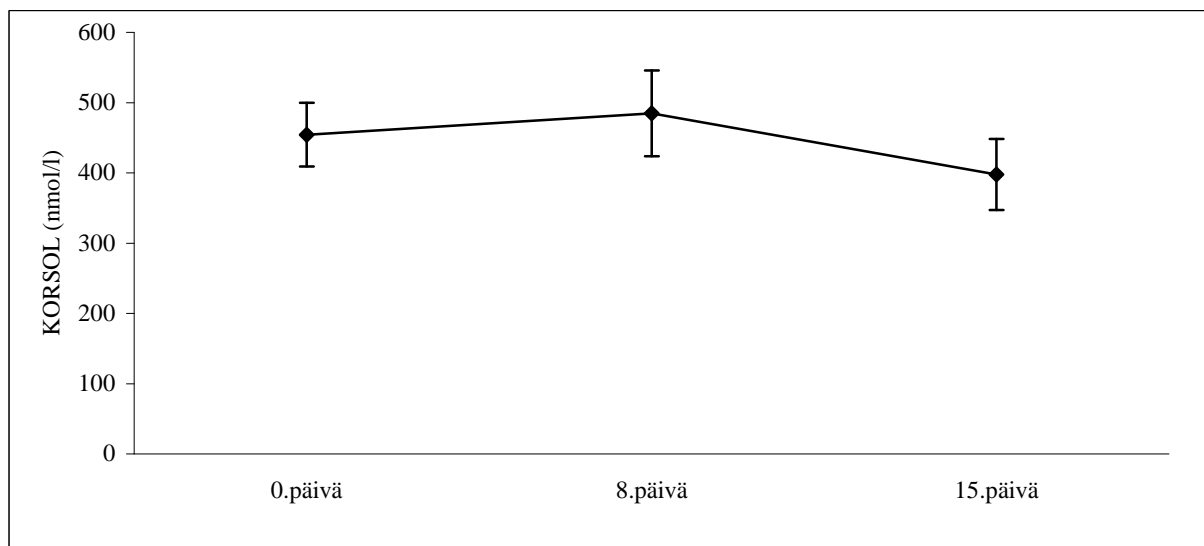
Kuva 6. Testosteronitasot (keskiarvo ja hajonta) harjoituksen aikana.



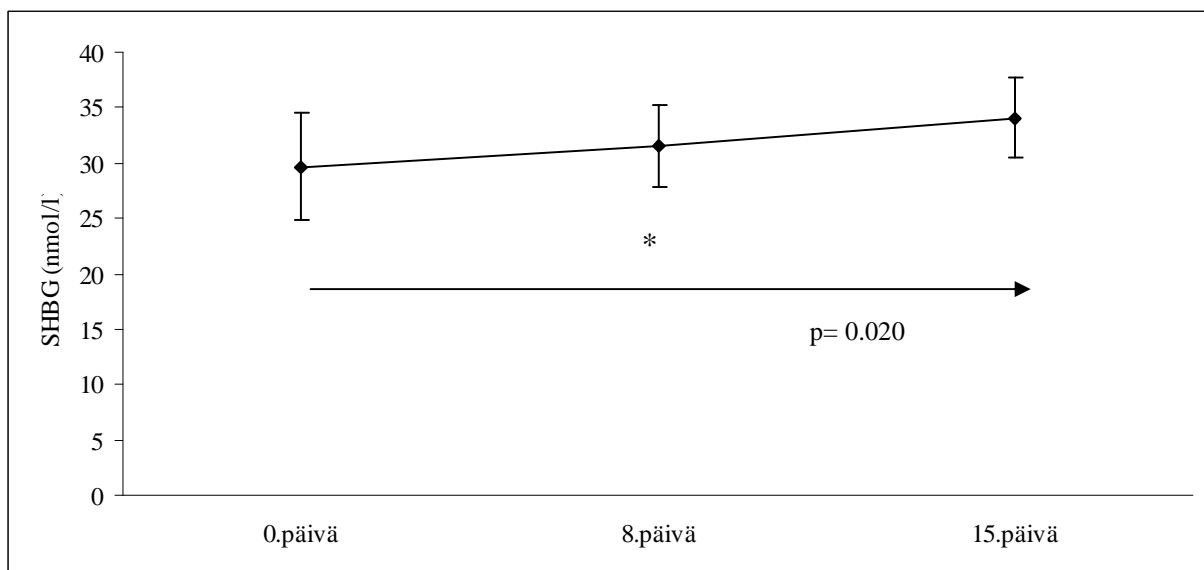
Kuva 7. Testosteronin henkilökohtaiset vaihtelut harjoituksen aikana.

Koehenkilöiden keskimääräiset kortisoliarvot harjoituksen aikana olivat; 454 ± 90 , 485 ± 122 ja 398 ± 101 (nmol/l). Testosteronin tavoin myös kortisolin muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä harjoituksen missään vaiheessa (kuva 8). Keskimääräinen SHBG:n lisääntyminen harjoituksen aikana oli tilastollisesti merkittävä ($p = 0.020$). Sen lisääntyminen harjoituksen ensimmäisen vaiheen aikana ei ollut tilastollisesti merkittävä ($p = 0.224$), mutta toisen vaiheen aikainen SHBG:n lisääntyminen verrattuna alkumittaukseen oli tilastollisesti merkittävä ($p = 0.015$) (kuva 9). Kreatiiniakinaasiaktiivisuuden (CK) muutos harjoituksen aikana ei ollut merkittävä ($p = 0.288$), mutta sen muutos harjoituksen toisen vaiheen aikana verrattuna alkumittaukseen oli tilastollisesti merkittävä ($p = 0.015$). Yhdellä koehenkilöllä oli kreatiiniakinaasiarvo

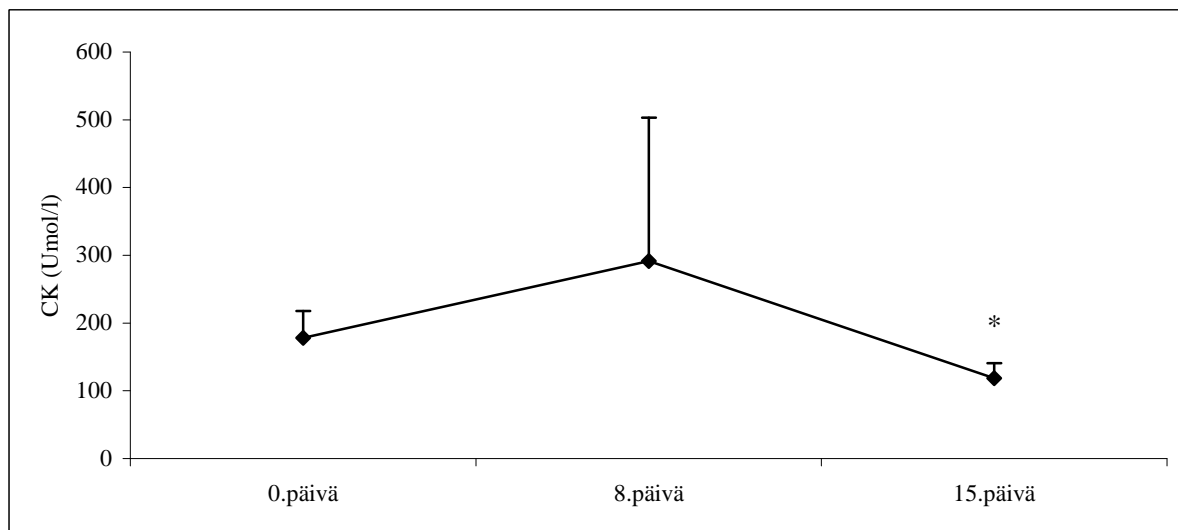
toisessa mittauksessa huomattavasti koholla (CK= 1341 $\mu\text{mol/l}$), joka selittää toisen mittauksen suuren keskihajonnan (kuva 10).



Kuva 8. Keskimääräiset (\pm keskihajonta) kortisoliarvot harjoituksen aikana.

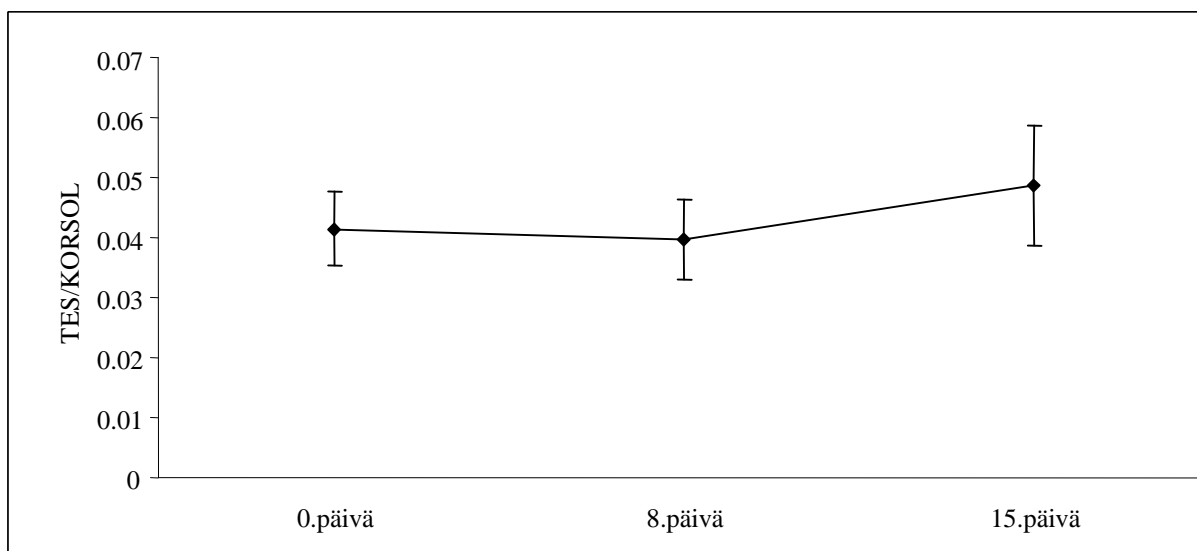


Kuva 9. Sukupuoli hormonia sitovan proteiinin (SHBG) määrä (keskiarvo \pm hajonta) harjoituksen aikana.

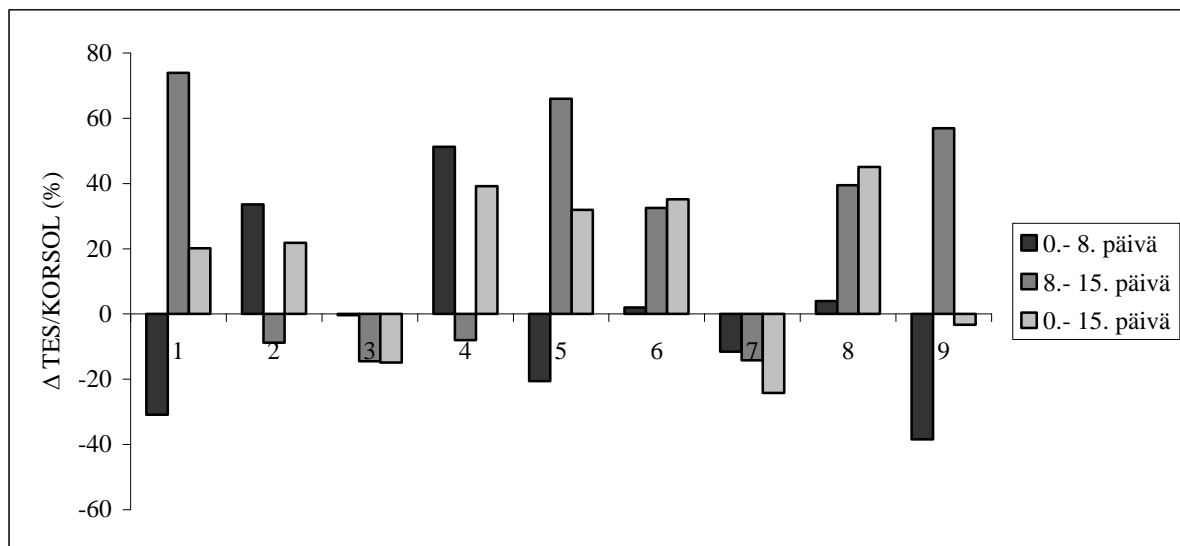


Kuva 10. Kreatiinikinaasin (CK) keskimääräiset (\pm hajonta) arvot harjoituksen aikana.

Testosteronin suhde kortisolin kanssa ilmenee kuvasta 11. Keskimääräinen määritetty TES/KORSOL hormonien suhde laski hieman harjoituksen ensimmäisen vaiheen aikana ($p=0.642$) ja nousi toisen vaiheen aikana alkutilanteeseen verrattuna ($p=0.078$). Koehenkilöiden yksilölliset muutokset TES/KORSOL suhteessa on esitetty kuvassa 12. Ensimmäisen vaiheen aikana suhdeluku oli negatiivinen viidellä koehenkilöllä (1, 3, 5, 7 ja 9) ja toisen vaiheen aikana neljällä koehenkilöllä (2, 3, 4 ja 7).

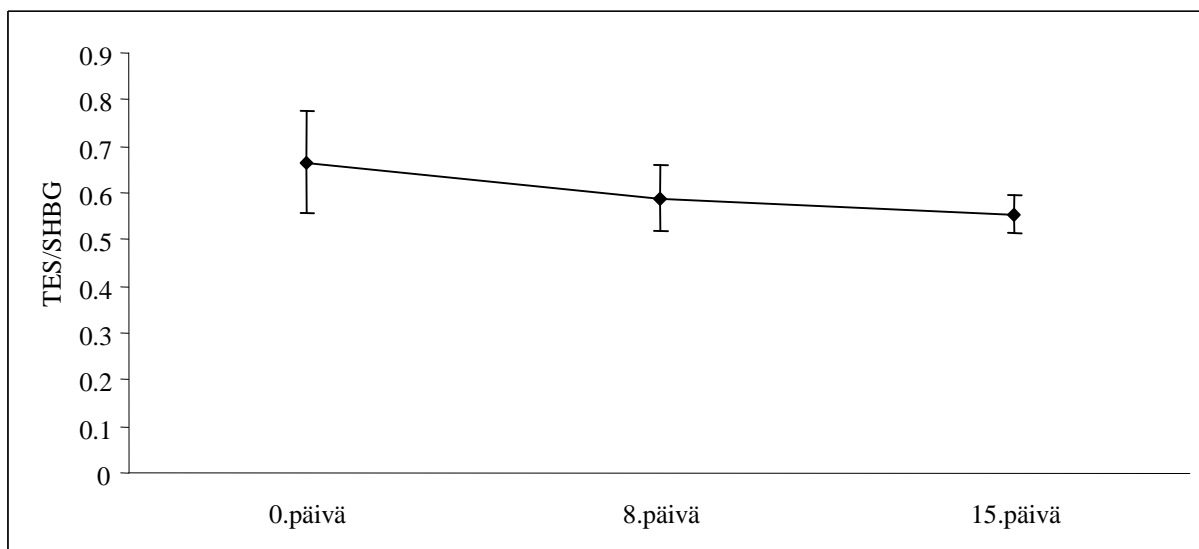


Kuva 11. Testosteronin ja kortisolin suhde (keskiarvo ja \pm hajonta) harjoituksen aikana.

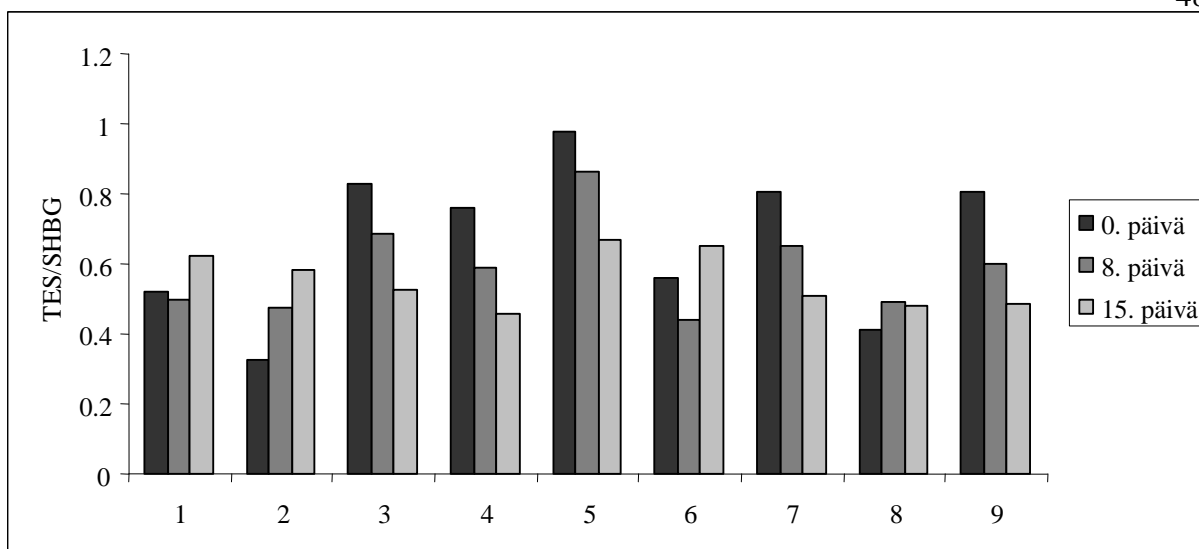


Kuva 12. Testosteroni ja kortisoli suhteen (TES/KORSOL) yksilölliset vaihtelut harjoituksen ensimmäisen vaiheessa, toisessa vaiheessa sekä koko harjoituksen aikainen vaste.

Keskimääräinen testosteronin suhde SHBG:n kanssa on esitetty kuvassa 13. TES/ SHBG laski koko harjoituksen aikana. Lasku ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkittävä. Koehenkilö 2 (PUPS) poikkesi kaikista muista koehenkilöistä, jolla TES/SHBG suhde nousi koko harjoituksen ajan. Koehenkilöillä 3, 4, 7 ja 9 sen sijaan TES/SHBG suhde oli laskusuunnassa koko harjoituksen ajan. Muilla koehenkilöillä muutokset vaihtelivat positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan harjoituksen aikana. (kuva 14).



Kuva 13. Testosteronin ja sukupuolihormonia sitovan proteiinin (TES/SHBG) suhde (keskiarvo ja – hajonta) harjoituksen aikana.



Kuva 14. Testosteronin ja sukupuolihormonia sitovan proteiinin (TES/SHBG) suhteen yksilölliset muutokset harjoituksen aikana.

8.3 Veren kuvan muutokset

Verimuutokset. Veritilavuus (BV) laski ensimmäisen vaiheen aikana $0.2 \% \pm 5.5 \%$ ja toisen vaiheen aikainen lasku oli $2.3 \% \pm 5.0 \%$. Veritilavuuden muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä ($p = 0.53$). Punasolumäärä (CV) nousi ensimmäisen vaiheen jälkeen $0.6 \% \pm 1.1 \%$, mutta laski toisen vaiheen aikana $2.3 \% \pm 2.0 \%$. Lasku oli tilastollisesti merkittävä ($p < 0.010$). Plasmatilavuus (PV) laski koko harjoituksen ajan. Ensimmäisen vaiheen aikainen lasku oli $-0.7 \% \pm 10.1 \%$ ja toisen vaiheen aikana plasmatilavuus laski $-2.3 \% \pm 8.4 \%$ ($p = 0.81$) (taulukko 5). Kuvaavaa verimuutoksille oli suuret yksilölliset vaihtelut (taulukko 6).

Taulukko 5. Veren tilavuuden (BV), punasolujen tilavuuden (CV) sekä plasmatilavuuden (PV) prosentuaaliset muutokset (keskiarvo ja -hajonta) harjoituksen ensimmäisen ja toisen vaiheen aikana.

	0.- 8.pv	8.- 15.pv
$\Delta \text{BV} (\%)$	-0.2 ± 5.5	-2.3 ± 5.0
$\Delta \text{CV} (\%)$	0.6 ± 1.1	$-2.3 \pm 2.0 (**)$
$\Delta \text{PV} (\%)$	-0.7 ± 10.1	-2.3 ± 8.4

Taulukko 6. Koehenkilöiden verimuutokset harjoituksen aikana.

Hlö	0. - 8. päivä			8.- 15. päivä		
	Δ BV, %	Δ CV, %	Δ PV, %	Δ BV, %	Δ CV, %	Δ PV, %
1	-4.4	-1	-7.2	6.7	0.1	12.5
2	12.8	0.6	23.3	-9	-5.1	-11.7
3	-2.6	-0.1	-4.6	-8.3	-2.3	-13.1
4	-2	1.4	-4.6	-4.5	-3.6	-5.2
5	2.5	1.6	3.2	-2.5	-0.2	-4.5
6	0.6	0.2	1	-4.4	-2.3	-6.2
7	-5.7	2.3	-11.9	-0.6	-3.3	1.9
8	-2.6	1.4	-5.7	2	-4	7.1
9	-0.6	-0.6	-0.6	0	0.4	-0.4

Pieni verenkuva (PVK). Missään mitatuissa verenkuvan muuttujissa ei tapahtunut tilastollisesti merkittäviä muutoksia harjoituksen ensimmäisen vaiheen aikana. Hemoglobiinin (HB, $p=0.05$) sekä valkosolujen (LEUK, $p=0.025$) määrän nousu oli tilastollisesti merkittävä harjoituksen viimeisenä päivänä verrattuna alkumittaukseen. Punasolujen keskitilavuus (MCV, $p<0.001$) sekä punasolujen keskimääräinen hemoglobiini (MCH, $p<0.001$) nousi myös tilastollisesti erittäin merkittävästi harjoituksen viimeisenä päivänä verrattuna alkutilanteeseen. Lähes muuttumattomina koko harjoituksen ajan säilyivät hematokriittiarvo (HKR), joka ilmaisee punasolujen tilavuusosuuden koko verimäärästä sekä punasolumäärä (ERYT). (taulukko 7).

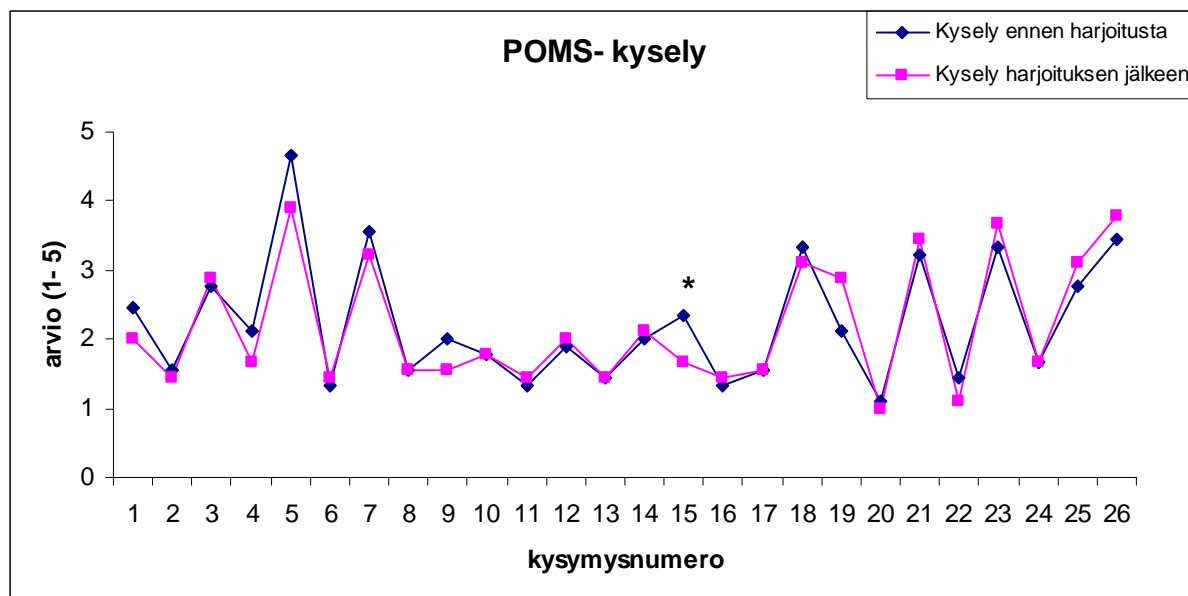
Taulukko 7. Pieni verenkuva (keskiarvo \pm hajonta) harjoituksen alussa, sen 8. ja 15. päivän jälkeen.

	0. päivä	8. päivä	15. päivä
HB (g/l)	154 \pm 5	154 \pm 6	158 \pm 6 (*)
HKR (%)	44.9 \pm 1.6	45.4 \pm 1.9	45.4 \pm 1.8
ERYT (E12/l)	5.2 \pm 0.3	5.2 \pm 0.3	5.1 \pm 0.2
MCV (fl)	86.6 \pm 3.8	86.9 \pm 3.9	89.2 \pm 3.6 (***)
MCH (pg)	29.6 \pm 1.5	29.5 \pm 1.5	31.2 \pm 1.5 (***)
LEUK (E9/l)	5.3 \pm 1.3	5.3 \pm 1.3	5.6 \pm 1.2 (*)

8.4 Henkinen vireystila

Tunnetilakyselyssä vastusvaihtoehdot olivat 1- 5 (1= ei lainkaan, 5= erittäin paljon). Kysymyksen 15 ”pahantuulinen” vastaukset poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi ($p=0.050$) toisistaan ennen harjoitusta ja harjoituksen jälkeen (2.3 ± 0.9 vs. 1.7 ± 0.7). Kysymykset 19 ja 23 ”kyllästynyt” ja ”luottavainen” lähestyivät myös tilastollisesti merkittävän rajaa ($p=0.088$,

$p=0.081$). Ennen harjoitusta vastaukset olivat 2.1 ± 0.9 vs. 3.3 ± 0.9 ja harjoituksen jälkeen 2.9 ± 1.2 vs. 3.7 ± 0.9 . Harjoituksen jälkeen koehenkilöt olivat siis ”parempituulisia”, mutta hieman kyllästyneempiä verrattuna alkutilanteeseen (kuva 15). POMS- kysymyssarja on liitteenä 1.



Kuva 15. Mielialoja kuvaavat muuttujat ennen ja jälkeen harjoituksen.

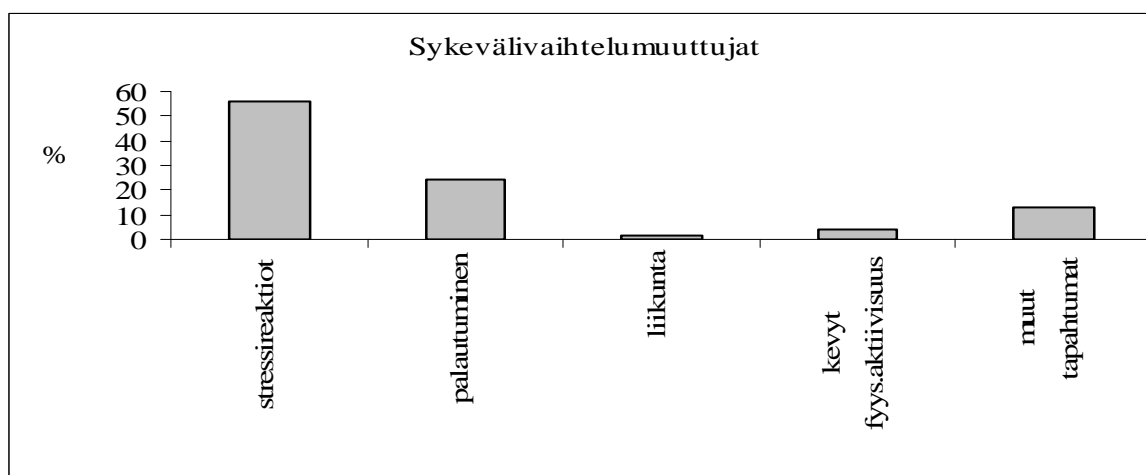
8.5 Sykevälivaihtelumuuttujat

Hyvinvointianalyysissä tarkoitetaan stressireaktioilla (stressi) ulkoisten ja sisäisten tekijöiden aiheuttamia aktiivisuustason nousuja elimistössä. Palautumisella tarkoitetaan ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden poissaolosta tai vähenemisestä seuraavaa elimistön rauhoittumista ja aktiivisuustason laskua. Liikunnalla ymmärretään yli 30 % VO_{2max} suoritettavaa rasitusta. Kevyt fyysinen aktiivisuus tarkoittaa varsinaista liikuntaa rasitustasoltaan alhaisempaa fyysistä aktiivisuutta. Muut tapahtumat ovat tiloja, jotka eivät viittaa stressiin, palautumiseen, fyysiseen aktiivisuuteen tai siitä palautumiseen (www.firstbeattechnologies.com).

Harjoituksessa sykevälivaihtelumuuttujat vaihtelivat koehenkilöillä keskimääräisesti seuraavasti:

- 7.- 8. päivä (1. vaiheen loppu):
 - stressireaktiot 53.2 ± 4.8 %
 - palautuminen 24.4 ± 6.4 %
 - liikunta 2.0 ± 0.7 %
 - kevyt fyysinen aktiivisuus 5.6 ± 1.7 %
 - muut tapahtumat 15.0 ± 2.2 %
- 10.- 11. päivä (2. vaiheen alku)
 - stressireaktiot 62.9 ± 8.7 %
 - palautuminen 19.7 ± 10.4 %
 - liikunta 1.6 ± 1.1 %
 - kevyt fyysinen aktiivisuus 3.4 ± 1.6 %
 - muut tapahtumat 12.1 ± 5.5 %
- 14.- 15. päivä (2. vaiheen loppu):
 - stressireaktiot 52.5 ± 11.8 %
 - palautuminen 29.3 ± 15.3 %
 - liikunta 1.7 ± 1.5 %
 - kevyt fyysinen aktiivisuus 4.2 ± 2.1 %
 - muut tapahtumat 12.2 ± 4.0 %

Harjoituksen aikaiset keskimääräiset sykevälivaihtelumuuttujat on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Harjoituksen aikaiset sykevälivaihtelumuuttujat keskiarvoina.

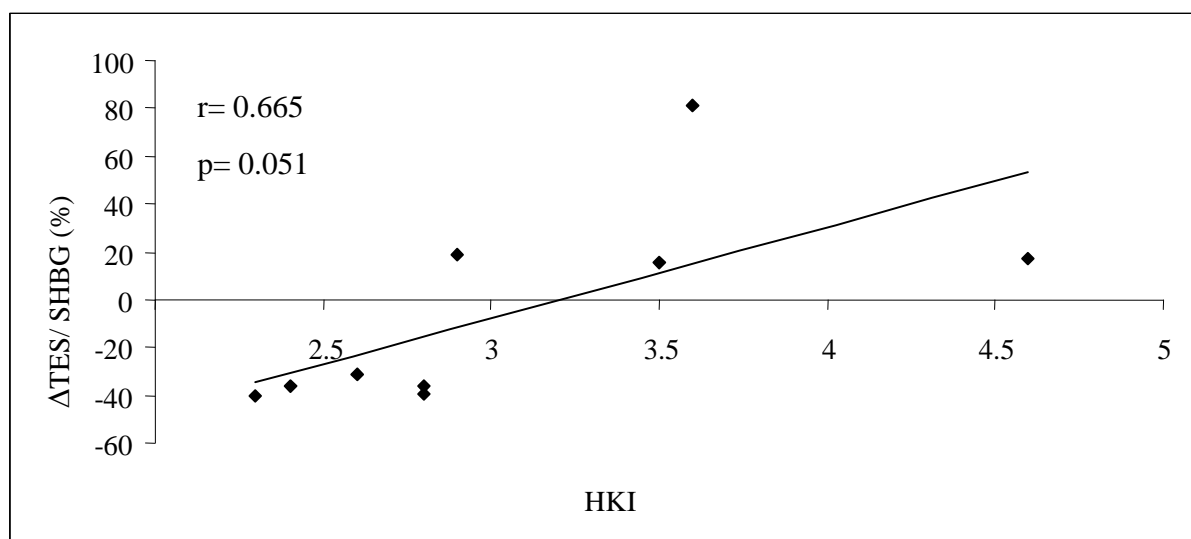
8.6 Harjoituksen aikainen unen määrä

Harjoituksen aikana (15 vrk) upseerien keskimääräinen uni oli 6 tuntia 20 minuuttia vuorokaudessa. Vähiten tutkittavasta joukosta unta sai viestikomppanian varapäällikkö, keskimäärin 4h 40 min vuorokaudessa ja eniten esikuntakomppanian päällikkö sekä täydennys- ja kuljetusupseeri, keskimäärin 7h vuorokaudessa. Sotapäiväkirjamerkintöjen perusteella uni oli poikkeuksetta kaikilla testihenkilöillä katkonaista johtuen helteestä, hyttysistä, tilanteesta ja vuorokausirytmien sekoittumisesta, joten todellinen syvän unen määrä saattoi olla merkittävästi

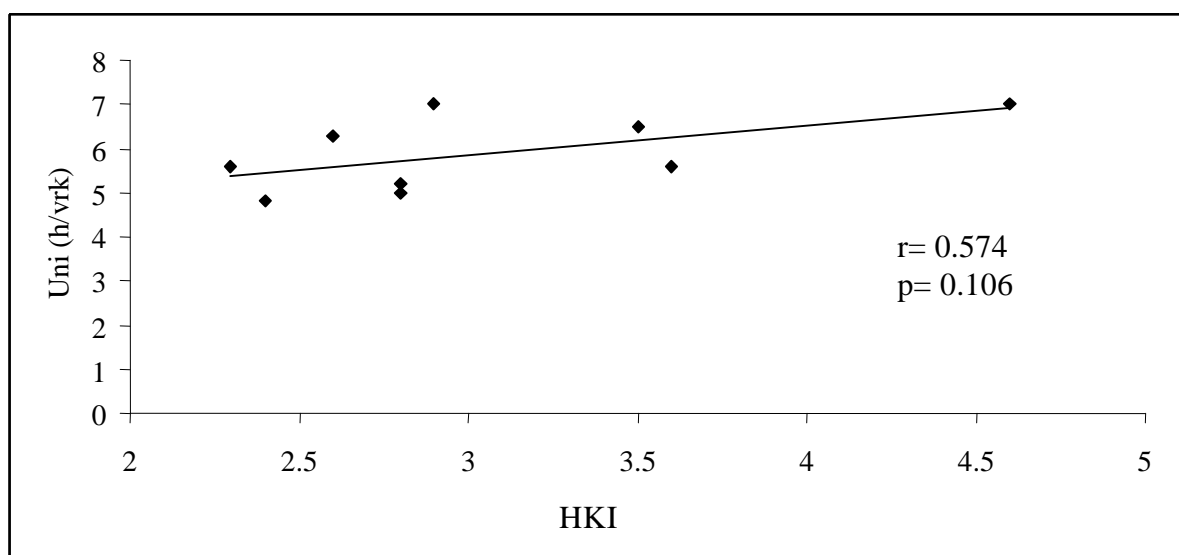
pienempi. Jokaisen testihenkilön kohdalla harjoituksen ensimmäinen vaihe oli rasittavampi ja unen määrä jäi vähäisemmäksi kuin toisessa vaiheessa.

8.7 Hormonimuuttujien ja kuntoluokan sekä unen määrän väliset yhteydet

Vapaata testosteronia kuvaava suhdeluvun (TES/SHBG) korrelaatio oli harjoituksen ensimmäisessä vaiheessa korkea kuntoindeksin kanssa ($r = 0.658$, $p = 0.054$), mutta laski harjoituksen toisessa vaiheessa ($r = 0.509$, $p = 0.162$). Koko harjoituksen vaste oli vahvasti kuntoindeksistä riippuvainen ($r = 0.665$, $p = 0.051$) (kuva 17). Unen määrä ei korreloinut harjoituksen aikana kuntoindeksin kanssa ($r = 0.574$, $p = 0.106$) (kuva 18).

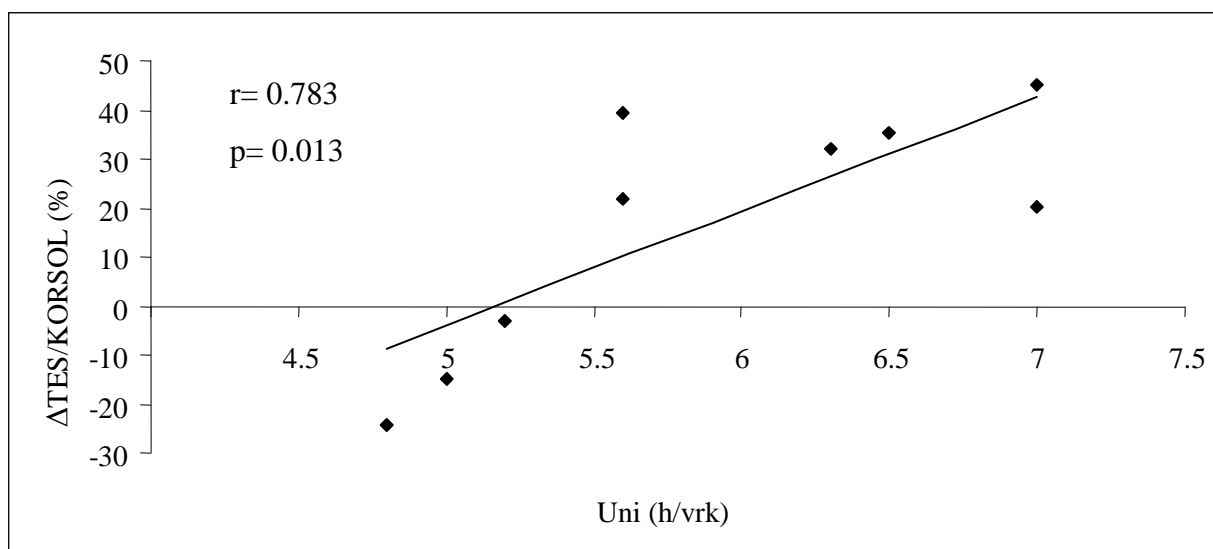


Kuva 17. Koko harjoituksen aikaisen testosteronin ja sukupuolihormonia sitovan proteiinin (SHBG) suhteen korrelaatio henkilökohtaisen kuntoindeksin (HKI) kanssa.



Kuva 18. Kuntoindeksin ja harjoituksessa keskimääräisesti nukutun unen korrelaatio.

Elimistön anabolisen mittarin (TES/KORSOL- suhdeluku) korrelaatio unen kanssa vaihteli siten, että harjoituksen ensimmäisen vaiheen jälkeen merkitsevyyttä ei ollut ($r = -0.114$, $p = 0.770$), toisen vaiheen aikana korrelaatio oli jo tilastollisesti merkitsevä ($r = 0.681$, $p = 0.044$). Koko harjoituksen aikainen korrelaatio oli erittäin vahvasti riippuvainen harjoituksessa nukkuneen unen määrästä ($r = 0.783$, $p = 0.013$) (kuva 19).

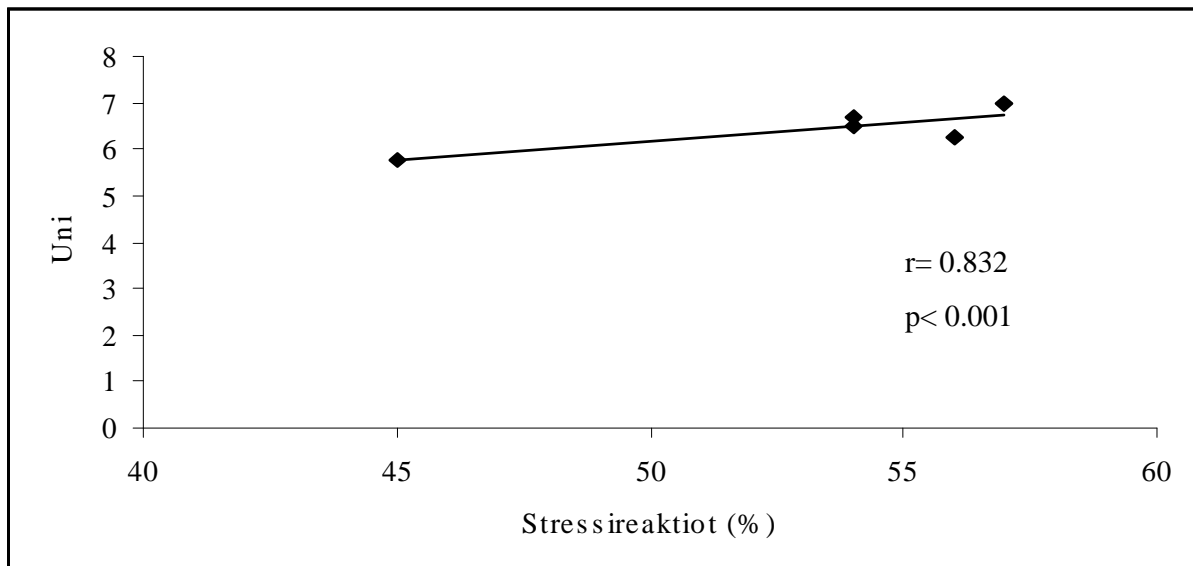


Kuva 19. Testosteroni kortisoli suhteen prosentuaalisen muutoksen suhde harjoituksessa keskimäärin nukutun unen kanssa.

8.8 Stressireaktioiden yhteys unen määrän kanssa

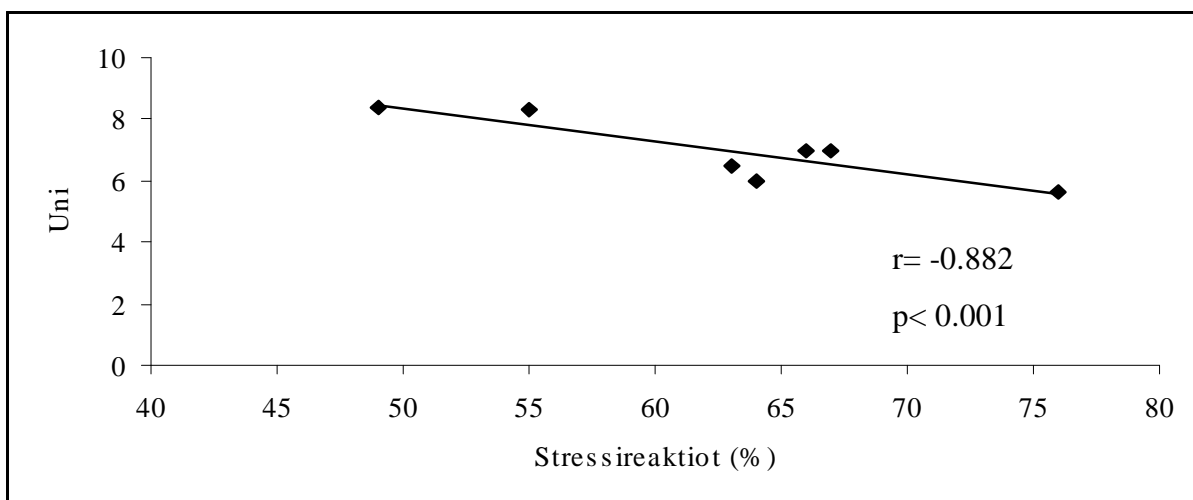
Sykevälivaihtelumittauksesta saadut stressireaktioiden prosentuaaliset osuudet koko mittausjaksosta vaihtelivat siten, että ensimmäisen mittausjakson keskiarvo oli $53.2 \pm 4.8 \%$, toisen mittausjakson $62.9 \pm 8.7 \%$ ja kolmannen mittausjakson $52.5 \pm 10.8 \%$. Unen määrä keskimäärin vastaavissa mittausjaksoissa oli $6.25 \pm 0.25\text{h}$, $7.0 \pm 1.0\text{h}$ ja $6.10 \pm 1.0\text{h}$.

Kuvasta 20 ilmenee ensimmäisen sykevälivaihtelumittausjakson stressireaktioiden suhde unen kanssa ($r = 0.832$, $p < 0.001$, $n = 5$). Unen määrä on mittausjakson aikana nukuttu keskimääräinen uni.



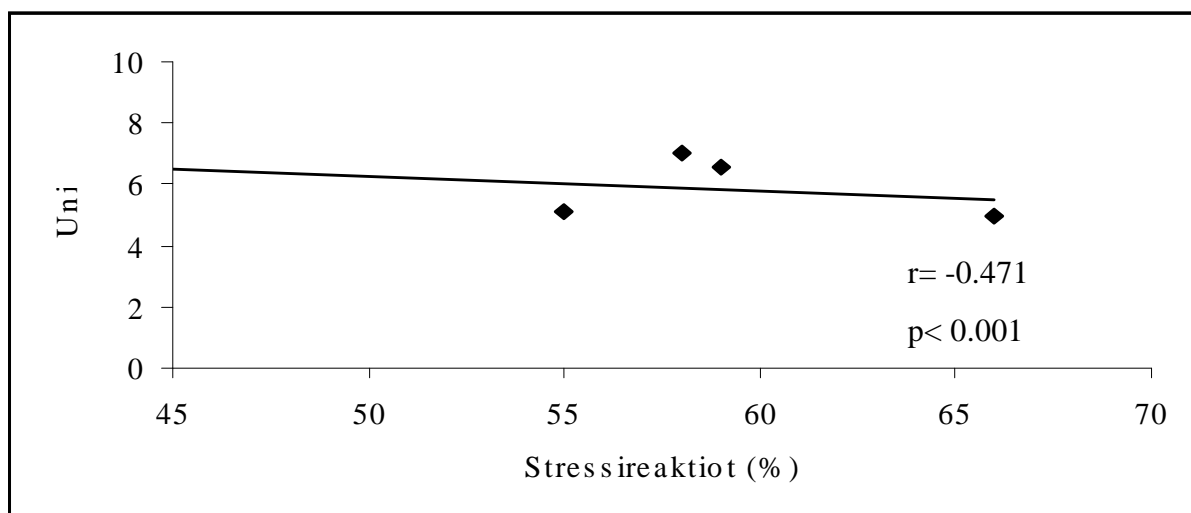
Kuva 20. Stressireaktioiden korrelaatio unen määrän kanssa harjoituksen ensimmäisen vaiheen aikana.

Toisen sykevälivaihtelumittausjakson stressireaktioiden suhde unen kanssa oli ensimmäiseen mittausjaksoon nähden käänteinen (kuva 21). Unen määrän vähentyessä stressireaktioiden prosentuaalinen määrä kasvoi tilastollisesti erittäin merkittävästi ($r = -0.882$, $p < 0.001$, $n = 7$).



Kuva 21. Stressireaktioiden korrelaatio unen määrän kanssa harjoituksen 10. ja 11. vuorokauden aikana.

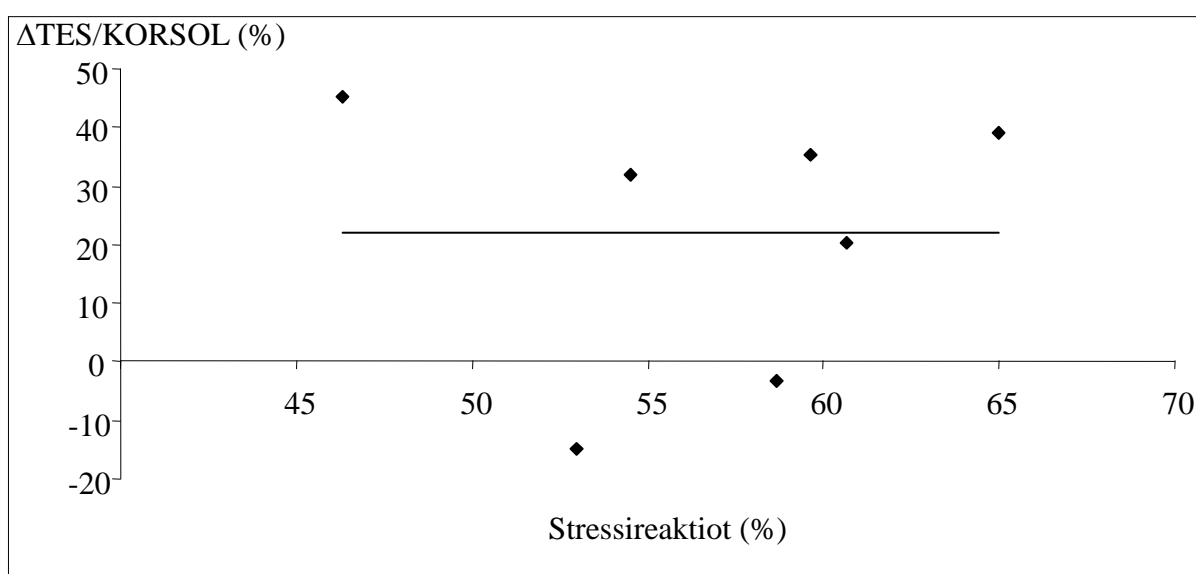
Kolmannen sykevälivaihtelumittausjakson (14.- 15.vuorokausi) stressireaktioiden suhde unen kanssa oli samansuuntainen toisen mittausjakson kanssa. Korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä, mutta ei enää yhtä voimakas. ($r = -0.471$, $p < 0.001$, $n = 6$) (kuva 22).



Kuva 22. Stressireaktioiden korrelaatio unen määrän kanssa harjoituksen 14. ja 15. vuorokauden aikana.

8.9 Stressireaktioiden yhteys elimistön kuormittumiseen

Stressireaktioiden korrelaatio elimistön testosteroni kortisoli suhteen kanssa on esitetty kuvassa 23. Elimistön kuormittumista (katabolista tilaa) ilmaiseva suhdeluku ei korreloinut lainkaan stressireaktioiden kanssa. Kuvassa 23 on stressireaktioiden prosentuaalinen osuus ilmaistu kunkin koehenkilön harjoituksen aikana mitattujen arvojen keskiarvoina. Testosteroni kortisoli suhdeluku tarkoittaa tässä koko harjoituksen aikaista muutosta eli prosentuaalista muutosta ensimmäisen ja viimeisen verinäytteen kesken.



Kuva 23. Testosteroni kortisoli suhteen korrelaatio stressireaktioiden kesken harjoituksen aikana (n= 7).

9 POHDINTA

Sotilaallinen harjoitus aiheutti kuormitusfysiologisia vasteita ammattisotilaille. Vasteet eivät johtuneet fyysisistä ponnisteluista, vaan muodostuivat pääasiassa psyykkisten stressitekijöiden ja olosuhteiden yhteisvaikutuksesta. Harjoituksen aikana ei koehenkilöille muodostunut energiavajetta. Keskimääräinen vapaata testosteronia kuvaava suhdeluku (TES/ SHBG) laski koko harjoituksen ajan ja oli harjoituksen lopussa 17 % alkutilannetta alhaisemmalla tasolla. Lasku ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkittävä. Henkilökohtaiset erot olivat sen sijaan huomattavat. Ainoastaan huonokuntoisimmilla koehenkilöillä suhdeluku oli laskusuunnassa koko harjoituksen ajan, kun parempikuntoisilla vapaa testosteroni oli harjoituksen päättyessä alkutilannetta korkeampi. Vaativien sotilaskoulutusohjelmien on todettu laskevan merkittävästi testosteronikonsentraatiota. Tältä osin harjoitus ei ollut parempikuntoisille liian rasittava. Tämän tutkimuksen mukaan erottelevaksi fyysisen kunnan rajaksi muodostui kuntoindeksi 3.0, joka hapenotollisesti vastaa 44.2 ml/kg/min. Tämän rajan omaavat henkilöt suoriutuivat kohtuuttomasti rasittumatta rauhan ajan sotilaallisesta harjoituksesta. Toinen kuormitusfysiologisia vasteita selittävä tekijä oli unen määrä. Koehenkilöt nukkuivat keskimäärin 6h 20 min, joka oli riittävä määrä palautumisen kannalta. Koehenkilöt kuvasivat unen laatua huonoksi johtuen helteistä ja tilanteenmukaisesta toiminnasta. Tämän tutkimuksen mukaan noin 5h 30 min yöuni on riittävä taso toimintakyvyn säilymisen kannalta sotilaallisen harjoituksen aikana. Unen määrällä ja fyysisellä kunnolla ei havaittu keskinäistä yhteyttä. Harjoituksen aikana tapahtui hieman elimistön kuivumista, jota selittää keskimääräisen plasma- ja punasolutilavuuden lasku. Kuormitusfysiologiset vasteet eivät vaikuttaneet merkittävästi koehenkilöiden mielialoihin. Koehenkilöt olivat harjoituksen päättyessä POMS- mieliala kyselyn perusteella ”paremmalla mielin”, mutta hieman ”kyllästyneempiä”.

9.1 Kuntoindeksin vaikutus fysiologisiin vasteisiin

Aikaisempien hormonaalisten vasteiden tutkimukset ovat painottuneet urheilijoihin tai fyysisesti vaativiin ranger- tyyppisiin sotilastehtäviin, joiden mukaan vaativat fyysiset ponnistelut laskevat testosteronin määrää verenkierrrossa (esim. Kuoppasalmi 1981) ja vastaavasti nostavat kortisolitasoja (esim. Adlercreutz 1986). Sotilastutkimuksissa rasittuminen on yleensä muodostunut fyysisestä kuormituksesta yhdistettynä uni- ja energiavajeeseen. Rasittumisen tasoon on yleisesti käytetty testosteroni kortisoli suhdetta. Yli 30 % lasku tässä suhteessa tarkoittaa elimistön joutuneen yllirasittuneeseen tilaan (katabolia). Tämä tutkimus oli asetelmaltaan aikaisemmista poikkeava, koska harjoituksen aikana ei muodostunut energiavajetta eikä

hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumista voitu juurikaan havaita. Yksilökohtaiset vaihtelut fysiologisissa vasteissa olivat kuitenkin suuria.

Kuudella koehenkilöistä HKI oli alle 3.0. Heidän keskimääräinen testosteronin lasku harjoituksen aikana oli 9 %. Vastaavasti yli 3.0 HKI:n omaavilla koehenkilöillä (3/9) testosteronin keskimääräinen nousu harjoituksen aikana oli 54 %. Vapaan testosteronin (TES/SHBG) harjoituksen aikaista laskua tapahtui keskimäärin (HKI alle 3.0) 28 % ja vastaavasti parempikuntoisilla vapaa testosteroni nousi keskimäärin 38 %. Viidellä koehenkilöllä (HKI alle 3.0) TES/KORSOL suhde oli negatiivinen harjoituksen ensimmäisen vaiheen aikana. TES/SHBG suhteen ja HKI:n välillä oli harjoituksen eri vaiheissa vahva korrelaatio, mutta tilastollinen merkitsevyys jäi saavuttamatta. HKI:n ja TES/KORSOL suhteen välillä ei havaittu merkittävää korrelaatiota. Tilastolliseen merkitsevyyteen vaikutti todennäköisesti otoksen pieni lukumäärä. Henkilökohtaisen kuntoindeksin taso 3.0 muodostui tämän tutkimuksen mukaan fysiologisia vasteita erottelevaksi tekijäksi.

Tämän tutkimuksen mukaan parempikuntoiset sotilaat suoriutuivat heikompikuntoisia paremmin harjoituksen aiheuttamista kuormitustekijöistä. Koulutusjärjestelmästä johtuen sotilaalliset harjoitukset kasaantuvat kevät- alkukesän ja syksy- alkutalven ajankohtiin, jolloin ratkaisevaa työssä jaksamisen kannalta on riittävä palautuminen harjoitusten välillä. Tulosten perusteella voitaneen todeta, että sotilastyö ei rauhan aikana ole hengitys- ja verenkiertoelimistöä kovinkaan kuormittavaa. Kuormittumista kuitenkin muodostuu johtuen muista työympäristöön liittyvistä tekijöistä ja kuormittumisen taso on vahvasti sidoksissa työntekijän fyysiseen kuntoon. Fyysisen kunnon tulee olla sellainen, että työntekijä selviää päivittäisistä sotilasammatin aiheuttamista kuormitustekijöistä kohtuuttomasti rasittumatta.

9.2 Unen vaikutus fysiologisiin vasteisiin

Univajeen ei itsessään ole todettu lamauttavan fyysistä suorituskkyä (VanHelder & Radomski 1989; Symons ym. 1988), mutta sen on todettu vaikuttavan mielialaan (Martin ym. 1986), heikentävän ratkaisukkyä ja vähentävän innovatiivisuutta (esim. Harrison & Horne 2000). Fyysiseen kuntoon liittyviä negatiivisia vaikutuksia on raportoitu, jos univajeeseen liittyy energiavaje (Guezennee ym. 1994). Univajeen on todettu olevan stressin ja hormonaalisten vasteiden selittävä tekijä, jos hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen on vähäistä (Samel ym. 2004). Tämän tutkimuksen sotilaallinen harjoitus kesti 15 vuorokautta, jolloin muodostui univajetta. Univaje laskee elimistön anabolisen hormonin (testosteroni) määrää

verenkierrassa varsinkin heikompi-kuntoisilla sotilailla (Remes ym. 1985; Opstad & Aakvaag 1983; Andersen ym. 2004). Tutkimuksen löydökset testosteronin suhteen tukevat aikaisempaa teoriaa.

Kortisoliarvoihin univajeella ei ole havaittu olevan yhteyttä (Salín- Pascual ym. 1988). Tämän tutkimuksen havainnot tukevat aikaisempia tutkimustuloksia, aamukortisoliarvoilla ei ollut korrelaatiota unen määrän kanssa. Hyvinvointianalyysistä saatujen fyysisen kuormituksen raporttien perusteella koehenkilöiden hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen oli erittäin vähäistä. Päiväkirjamerkintöjen perusteella energiavajetta ei päässyt syntymään yhdelläkään koehenkilöistä. Edellä mainituista seikoista johtuen univajetta voidaan pitää merkittävänä tekijänä fysiologisten vasteiden kannalta.

Unen määrän havaittiin korreloivan erittäin vahvasti elimistön katabolista tilaa ilmaisevan suhdeluvun (TES/KORSOL) kanssa ($r = 0.783$, $p = 0.013$). Mitä vähemmän koehenkilö nukui, sitä katabolisemmassa tilassa hänen elimistönsä oli. Unen määrän ja fyysisen kunnon välillä ei sen sijaan havaittu yhteyttä. Tutkimuksen mukaan ei siis voida tehdä johtopäätöstä, että hyväkuntoiset nukkuisivat huonokuntoisia paremmin. Sotilaallisen harjoituksen aikana edellä mainitun tutkiminen vaatisi erityislaitteita, joilla voitaisiin arvioida syvän univaiheen laatua. Toisaalta Härmän (1996) vuorotyötutkimuksen mukaan hyvä fyysinen kunto auttaa jaksamaan vuorotyössä, koska kuormittuminen työtehtävien aikana on vähäisempää ja vastaavasti yön aikainen palautuminen on nopeampaa.

Koehenkilöt olivat harjoituksessa omassa sodanajan tehtävässään. Sotilaallisten harjoitusten luonne on tilanteen mukainen toiminta, joka käytännössä tarkoittaa ”työtä vuorotta” varsinkin silloin, jos sijaista ei ole saatavilla. Tällöin korostuu unihygenia, jolloin univajetta on purettava vähintään 8 tunnin yhtämittaisella unella. Torkkujen käyttö on päivystystyössä (vrt. sotilas-tehtävät) yleistä, mutta ne soveltuvat hyvin huonosti korvaamaan pitkäjaksoista unta (Samel ym. 2004). Koehenkilöille tuli harjoituksen aikana muutamia kertoja mahdollisuus pitkäaikaiseen uneen, joka osaltaan helpotti toimintakyvyn ylläpitämistä pitkän harjoituksen aikana.

9.3 Fyysisen reservin yhteys fysiologisiin vasteisiin

Sotakokemukset maailmalta korostavat sotilaiden fyysisen kunnon merkitystä. Fyysinen suorituskyky laskee sotatoimien aikana eikä sen nostamiseen kriisien aikana käytännössä ole mahdollisuutta. Edellä mainituin perustein on todettu, että sotilaiden tulee olla jo rauhanaikana hyvässä fyysisessä kunnossa, jolloin fyysisessä kapasiteetissa on reserviä kriisiajan tilan-

teita varten. (David 1995). Useissa tutkimuksissa on korostettu fyysisen ja henkisen kestävyuden tukevan toisiaan (esim. Tucker 1987; Ritvanen 2006).

Tämän tutkimuksen fysiologisten vasteiden tulokset korostavat aikaisempia havaintoja. Elämistön kuormittumista osoittavat hormonimääritykset poikkesivat selkeästi heikompi- ja parempikuntoisten koehenkilöiden välillä. Kyseessä oli kuitenkin normaaliin sotilastyöhön liittyvä koulutussuunnitelman mukainen sotilaallinen harjoitus, josta työntekijän tulee selvitä kohtuuttomasti rasittumatta. Vuosittain henkilökunnalle kertyy vastaavissa harjoituksissa normaalisti 50- 80 vuorokautta. Jos fyysinen kunto on niin huono, että harjoitusten välillä ei ehdi kunnolla palautua, niin myöhemmin työntekijää kohtaavat erittäin todennäköisesti muut ongelmat (kunnon edelleen heikkeneminen, sairauspoissaolot). Ammattisotilaiden fyysisellä kunnolla on jo aiemmin todettu olevan merkitsevä yhteys sairauspoissaoloihin (Kyröläinen ym. 2006a).

Tiukan koulutusrytmin ja sotilaallisten harjoitusten aiheuttamia muutoksia fyysiseen suoriutuskykyyn voidaan myös perustella tarkastelemalla koehenkilöiden kuntoindeksin kehittymistä vuosien 2005- 2007 aikana. Koehenkilöillä kuntoindeksi oli tippunut 4.0:sta 3.4:ään vuosien 2005- 2007 aikana, joka on huonompi kuin Karjalan Prikaatin keskimääräinen kuntoindeksi (Karjalan Prikaati, koulutussektori). Kunnon laskuun saattaa siis vaikuttaa kiivas sotaharjoitusrytmi keväisin ja syksyisin, jos omaehtoinen liikkuminen jää vähäiseksi. Liikuntakäyttätymiskyselyn perusteella 67 % vastaajista ilmoitti liikunnan harrastamisen vähentyneen talven ja kevään aikana, joka todennäköisesti johtuu juuri tästä kevään harjoitusrytmistä. Vaarana voi olla oravanpyörän muodostuminen, joka laskee liikunnan harrastamista vuosi vuodelta enemmän. Koehenkilöiden liikkuminen oli 44 %:lla enintään verkkaista ja rauhallista 1- 3 kertaa viikossa, kun terveysliikunnan rajana nykyasityksen mukaan pidetään päivittäistä perusliikuntaa 3- 4 tuntia viikossa (Fogelhom & Oja 2005, 79). Tutkimuksen tulosten mukaan voitaneen olettaa, että alle tyydyttävän kuntoindeksin (3.0) omaavat sotilaat eivät ehdi palautua harjoitusten välissä ja kuormittuminen kumuloituu. Työssä jaksaminen onkin erittäin tärkeä tekijä koko työyhteisön ja ammattikunnan kannalta, johon tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota (Pflanz & Ogle 2006). Liikkumattomuutta tai fyysisen kunnon heikkenemistä ei pidä kuitenkaan ajatella pelkästään työtehtävistä johtuvista syistä. Jokaisen ammattisotilaan tulee tiedostaa työntekijän vastuu omasta fyysisestä kunnosta. Laki Puolustusvoimista velvoittaa jokaisen ammattisotilaan ylläpitämään virkatehtäviensä edellyttämiä sotilaan perustaitoja ja kuntoa. Puolustusministeriön asetuksella voidaan erikseen säätää eri virkatehtävien edellyttämiä sotilaallisten perustaitojen ja kunnon vaatimuksia (Laki puolustusvoimista 11.5.2007/551, 43§).

9.4 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu

Tutkimuksen luotettavuuteen liittyy reliabiliteetti ja validiteetti käsitteet. Reliabiliteetti tarkoittaa sitä, että tulokset ovat toistettavia. Esimerkiksi, jos samaa ilmiötä tutkivat useammat tutkijat päätyvät samanlaisiin tuloksiin, voidaan tuloksia pitää reliaabeleina (Hirsjärvi ym. 2004, 216- 217). Toistettavuutta pyrittiin parantamaan siten, että käytetyt menetelmät olivat tunnettuja ja laajasti käytettyjä. Puolustusvoimien käyttämät fyysisen kunnon testit ovat helposti toistettavia ja luotettavia, mutta kenttätestien tarkkuus ei kuitenkaan ole laboratoriotestien luokkaa. Kyselyt olivat tunnettuja ja laajasti käytettyjä, jotka saatiin Jyväskylän Yliopistolta. Tutkimusasetelma oli muista aikaisemmista tutkimuksista poikkeava. Yleensä kuormittumista on arvioitu fyysisen rasituksen sekä uni- ja energiavajeen muodostamana summana ja koehenkilöiden tehtävät ovat olleet keskenään samanlaisia. Tässä tutkimuksessa kuormitusfysiologiset vasteet muodostuivat lähes kokonaan stressireaktioiden ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. Lisäksi kaikki yhdeksän koehenkilöä suorittivat omaa sodanajan tehtäväänsä, jolloin vertailu yksilöiden välillä saattaa olla epäluotettava ja mahdollisuus virhearvioinnille on siten olemassa. Koehenkilöiden välistä vertailua paransi kuitenkin se, että kaikki koehenkilöt toimivat johto- tai päällikkötehtävissä, joissa työskentelyprosessi on hyvinkin samankaltainen.

Validius eli pätevyys tarkoittaa sitä, että mitataan juuri sitä, mitä oli tarkoituskin mitata. Ongelmana nähdään esimerkiksi kysymyslomakkeen kysymysten väärinymmärtäminen sekä tutkijan oman ajattelun ohjaaminen vastauksia esittäessä (Hirsjärvi ym. 2004, 216- 217). Kuormittumisen arviointi on haastava tekijä, johon vaikuttavat toimintakyvyn eri osa-alueet. Stressihormonivasteiden määrittäminen on yleisesti käytetty kuormittumisen arviointi keino, jota on käytetty urheilijoiden ja sotilaiden kuormittumista arvioitaessa (esim. Opstad 2005; Maso ym. 2004; Väänänen 2004; Gomez- Merino ym. 2003; Adlercreutz ym. 1986; Kuoppasalmi 1981). Uudempana menetelmänä oli sykevälivaihteludatan kerääminen, jolla voidaan noninvaasisesti mitata työntekijöiden rasittuneisuus kuormittavien työ-viikkojen aikana, jolloin sykevariaatio on pienentynyt yöunen aikana (Pichot ym. 2002), joka viestii parasympaattisen hermoston aktiviteetin lisääntymisestä (Jouanin ym. 2004). Sykevälivaihteludata analysoitiin hyvinvointianalyysillä, jonka luotettavuudesta ei vielä ole tutkittua tietoa.

9.5 Tutkimuksen haasteet

Sykevälivaihteludataa kerättiin Suunnon sykepannoilla ja se analysoitiin käyttämällä Firstbeat hyvinvointianalyysiä. Sykevälivaihtelumittauksen luotettavuutta parantavat oleellisesti alkumittauksista saatavat maksimisyke, maksimihapenoton arvo ja leposyke. Uuteen ohjelmistoon en ehtinyt mielestäni tarpeeksi perehtyä, jolloin sen käytettävyys laski. Hyvinvointianalyysin raporteista olisi ollut mahdollista saada tutkimusta laajentavaa ja/tai tukevaa tietoa.

Sykevälivaihtelumittarit olivat Urheilukoulusta mittausten ajan lainassa. Mittareita käyttävät Urheilukoulun ja Puolustusvoimien edustusvalmennusryhmien urheilijat, joten käyttö on aktiivista. Yksinkertaisimmillaan koehenkilön ei tarvitse tehdä mitään muuta kuin kiinnittää sykepanta rintaan, jos välineet ovat kunnossa. Tässä tutkimuksessa kuitenkin sykevälivaihteludatan keräämiselle oli kuvaavaa lukuisat haasteet. Tuleviin haasteisiin pyrittiin valmistautumaan järjestämällä esimittaus kymmenen viikkoa ennen varsinaisia mittauksia, joka suurella osalla koehenkilöistä epäonnistui vajaiden paristojen johdosta. Palautteesta huolimatta tilanne toistui ensimmäisessä mittauksessa. Kolme sykepantaa rikkoutui kiinnityssoljestaan ja mittausaikoina oli joissakin mittareissa häiriöitä. Häiriöt johtuivat pääosin vajaista paristoista. Uusien paristojen vaihtaminen poisti muutaman koehenkilön mittaushäiriöt, mutta siitä huolimatta joidenkin koehenkilöiden kohdalla häiriöitä esiintyi jatkuvasti vaikka sykepantojakin vaihdettiin uusiin. Suunnon edustajien mukaan ongelmat pantojen materiaalien suhteen ovat olleet tiedossa ja parempilaatuisia pantoja on tulossa markkinoille. Tulosten tarkasteluun otettiin ne sykevälivaihtelutiedostot, joissa häiriöitä mittausjakson aikana esiintyi vähemmän kuin 10 %. Ensimmäisen mittausjakson aikana kriteerit täyttäviä koehenkilöitä oli viisi, toisen mittausjakson aikana seitsemän ja kolmannen mittausjakson aikana kuusi. Koko harjoituksen aikana mittarit toimivat häiriöttä vain neljällä yhdeksästä koehenkilöstä, joten sykevälivaihteludatan käsittely jouduttiin jättämään vähemmälle huomiolle poiketen alkuperäisestä suunnitelmasta. Sykevälivaihtelutuloksia ei siis voida yleistää koko otosta koskevaksi, vaan siitä saadaan enemmänkin suuntaa antavia havaintoja.

Tutkimus vaati huomattavan määrän erilaisia valmisteluja (luvanvaraisuus, infotilaisuus, koehenkilöiden rekrytointi, esimiesten hyväksyntä jne.). Lisäksi mittausten sopiminen kahteen eri paikkaan (KARPR, P-KARPR) aiheutti asioiden koordinoitua ja järjestelyjen sopimisia ennakoon jo talven 2007 aikana, jolloin kurssin läpiviennissä ei vielä ollut tutkimusviikkoja. Tiukasta aikataulusta huolimatta verinäytteet saatiin otettua suunnitellulla tavalla.

Henkilökunnan sitouttaminen mittauksiin voi olla haasteellista, koska osallistumisen tulee perustua vapaaehtoisuuteen ja tutkimukseen osallistuminen saatetaan kokea ylimääräisenä tehtävänä. Vain yksi koehenkilö perui osallistumisensa vedoten henkilökohtaisiin syihin. Mittausten ajan oli havaittavissa koehenkilöiden aito kiinnostus omaa kuntoa ja tuloksia kohtaan, joka suurelle osalle oli motivoiva tekijä. Tältä osin mittaukset olivat helppo suorittaa.

9.6 Tutkimustulosten soveltaminen ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Tuloksia sovellettaessa tulee ottaa huomioon koehenkilöiden pieni lukumäärä ($n=9$). Toisaalta maailmalta on raportoitu hormonaalisten vasteiden tutkimuksia, joihin on osallistunut myös alle kymmenen henkilöä (esim. Väänänen 2004; Kern ym. 1995; Häkkinen & Pakarinen 1993; Winder ym. 1979). Koehenkilöt toimivat pataljoonataso- ja päällikkötehtävissä. Tulokset ovat sovellettavissa valmiusprikaatin muihin pataljooniin aselajista riippumatta, koska työskentelyn luonne on esikuntatyypistä. Esikuntatyöskentelyohjeet ja suunnittelu- ja johtamisprosessi ovat perusteiltaan samanlaiset kaikissa pataljoonissa.

Urheilijoille ja sotilaille tehdyissä hormonitutkimuksissa fyysinen rasitus on yleensä ollut vähintäänkin kohtalaista, mutta tässä tutkimuksessa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen oli minimaalista. Määrittäessä erikuntoisten ihmisten kuormittumista on endokrinologisten vasteiden määrittäminen havaittu käytännölliseksi keinoksi (Fry ym. 1991). Hormonivasteet reagoivat fyysisen rasittumisen ohella myös muihin työperäisiin stressitekijöihin (Ritvanen 2006). Tältä osin hormonivasteita voidaan soveltaa myös tähän tutkimukseen, vaikka kuormittuminen ei johtunut fyysisestä rasituksesta.

Tutkimus liittyy Puolustusvoimissa suoritettavaan laajempaan fyysisen suorituskyvyn tutkimustoimintaan. Taistelija 2005- julkaisu on listannut yhdeksi tärkeimmistä tutkimuskohteista taistelijan kuormittumisen selvittämisen taistelukentän erilaisissa oloissa (Taistelija 2005, 22). Tutkimus oli ensimmäinen suomalaisille ammattisotilaille suunnattu kuormitusfysiologinen tutkimus. Tulosten perusteella voidaan arvioida sitä ammattisotilaiden fyysisen suorituskyvyn alinta rajaa, joka mahdollistaa kohtuuttomasti kuormittumatta selviytymisen sotilasammatin fyysisistä vaatimuksista rauhan ajan työssä. Tuloksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon se, että fyysisen kunnon mittauksissa käytettiin vanhaa protokollaa, joka on täydentynyt ja uusiutunut vuoden 2008 alussa. Fyysisen suorituskyvyn rajassa tulee lisäksi olla reserviä kriisitilanteita varten. Näissä ”kovissa” tilanteissa henkisesti ja fyysiseltä kestävyydeltä vaadittaneen huomattavasti rauhanajan vaatimuksia enemmän.

Tulevaisuudessa tulisi suorittaa vastaavanlaisia mittauksia ammattisotilaille, koska tutki-
mustieto suomalaisten ammattisotilaiden kuormittumisesta on puutteellista. Useilla samaa
aihepiiriä käsittävillä tutkimuksilla saataisiin luotua luotettavampaa teoriaa rauhan ajan työ-
tehtävien aiheuttamista kuormitusvasteista. Pelkästään tämän tutkimuksen tulosten perusteella
suomalaisten ammattisotilaiden kunto on laskusuunnassa ja vallitseva kenttäkelpoisuuden raja
ei ole enää pätevä. Henkilökuntaa mitattaessa tulisivat mittarit valita siten, että ne aiheuttaisi-
vat mahdollisimman vähän haittaa tai häiriötä koehenkilöille. Tällöin koehenkilöiden rekry-
tointi saattaisi olla helpompaa ja koehenkilöitä saataisiin mukaan tutkimukseen kattavampi
otos. Edellä mainittuja mittareita voisivat olla noninvaasinen sykevälivaihtelumittaus, joka on
yksinkertainen, edullinen ja helppo suorittaa huomioiden tämän tutkimuksen haasteet. Hor-
monaalisia vasteita voidaan verinäytteitä helpommin määrittää myös syljestä (esim. Gomez-
Merino 2003, Maso ym. 2004), jonka käytettävyys on syytä harkita.

Hyväkuntoinen työntekijä on työnantajan etu. Puolustusvoimissa hyvä fyysinen kunto tulisi
näkyä ammattisotilaan palkkauksessa entistä selvemmin, fyysistä kuntoa tulisi pitää yhtenä
ammattisotilaan työkaluna. Tällä hetkellä kuntoindeksi ei vaikuta ammattisotilaan peruspalk-
kaan. Kuntoindeksin ottaminen mukaan kehityskeskusteluun tulisikin ottaa harkintaan. Voiko
työntekijän suoritusarviointi olla kiitettävä, jos kuntoindeksi on huono? Tällöinhän sotilas ei
ole pitänyt kuntoaan lain edellyttämällä tasolla. Kehityskeskustelussa kuntoindeksillä voisi
olla esimerkiksi kerroin, jolloin fyysinen kunto vaikuttaisi suoraan jokaisen ammattisotilaan
peruspalkkaan. Tällä hetkellä huonon fyysisen kunnon omaavat ammattisotilaat eivät pääse
osallistumaan sotilaallisiin harjoituksiin. Nykyisessä järjestelmässä fyysinen kunto vaikuttaa
käytännössä siis vain lisäkorvausten määrään. Edellä kuvatun kaltainen järjestelmä voisi mo-
tivoida säännölliseen liikuntaan nykyistä tehokkaammin.

9.7 Johtopäätökset

- I. Koehenkilöiden kuormitusfysiologiset vasteet eivät muodostuneet fyysisestä rasittumisesta, vaan muiden stressitekijöiden ja ympäristön yhteisvaikutuksesta. Fyysinen kunto ja unen määrä olivat vasteita selittäviä tekijöitä.
- II. Tämän hetkisen kuntoindeksin tasossa (HKI 2.0) ei ole fyysistä reserviä, eikä se tämän tutkimuksen mukaan ole riittävä taso rauhanajan työtehtävistä selviytymiseen kohtuuttomasti kuormittumatta. Fyysisen kunnon (HKI) tulisi olla vähintään tasolla 3.0, jotta rauhanajan sotilaallisissa harjoituksissa elimistö ei olisi katabolisessa tilassa. Rauhanaikaisista työtehtävistä tulisi selviytyä helposti, jotta perusteet kriisinajan toiminnalle olisivat olemassa.

9.8 Lessons learned

Tutkimusprojekti käynnistyi periaatteessa jo vuoden 2005 kesällä, jolloin aloin miettimään kandidaatin tutkielman aihetta. Tavoitteena oli jatkaa ja kehittää työtä Pro Graduksi. Tutkimuksen tekeminen sotilaan toimintakyvyn viitekehyksessä lähti siis itsestäni liikkeelle, mikä on auttanut motivaation säilymisessä. Kannustan muitakin opiskelijoita etsimään itselle mielenkiintoisen aihepiirin, jolloin koko projekti on erittäin antoisa ja mielenkiintoinen kokemus. Sotilaan toimintakyvyn piiristä löytyy asiasta kiinnostuneille valtavasti tutkittavaa. Uusien mittareiden tai ohjelmien opetteluun kannattaa uhrata aikaa, jotta itse mittaukset sujuisivat ongelmitta.

Haluan kiittää ammattitaitoisia ohjaajiani, Jyväskylän Yliopiston professoria Heikki Kyröläistä ja everstiluutnantti (evp) Jorma Haaraojaa. Maanpuolustuskorkeakoulun koulutustaidon laitoksen myöntämällä rahoituksella voitiin laboratorionäytteet analysoida. Kiitän Jyväskylän Yliopistoa tilastollisten analyysien tuesta. Kiitos kuuluu myös Karjalan Prikaatin laboratoriohenkilöstölle, jotka auttoivat verinäytteisiin liittyvissä valmisteluissa. Kiitän tutkimukseen osallistuneita koehenkilöitä, ilman teidän vapaaehtoisuutta ja yhteistyöhalua ei tätä raporttia olisi kirjoitettu.

10 LÄHTEET

Aakvaag, A., Sand, T., Opstad, P. K. & Fonnum, F. 1978. Hormonal changes in serum in young men during prolonged physical strain. *European journal applied physiology*. Vol. 39, 283

Aandstad, A. A comparison of maximal oxygen uptake and performance in a treadmill walk test with heavy load carriage versus treadmill running. The Norwegian University of Sport and Physical Education, Defence Institute, Oslo, Norway. Seminaariesitelmä 18- 22.5.2005 Jyväskylässä järjestetyssä kansainvälisessä sotilaan toimintakykyä käsittelevässä kongressissa.

Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, K., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. & Karvonen, J. 1986. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical excersice. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 7, No. 1, 27- 28

Andersen, M., Martins, P.J.F., D'Almeida, V., Bignotto, M. & Tufik, S. 2004. Endocrinological and catecholaminergic alterations during sleep deprivation and recovery in male rats. *J. Sleep Res.* Vol. 14, 83–90

Armstrong, L. E., Francesconi, R. P., Kraemer, W. J., Leva, N., De Luca, J.P. & Hubbard, R. W. 1989. Plasma cortisol, rennin, and aldosterone during intense heat acclimation program. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 10, No. 1, 38- 42

Berntsson, G. G., Bigger, J. T., JR., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H. & Van Der Molen, M. W. 1997. Heart rate variability: Orgins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology*. Vol. 34: 623- 648

Booth, C. K., Probert, B., Forbes-Ewan, C. & Coad, R. A. 2006. Australian Army Recruits in Training Display Symptoms of Overtraining. *Military Medicine* Vol. 171, No.11, 1059- 1064

Boothby, W. M. & Berry, F. B. 1915. The effect of work on the percentage of haemoglobin and number of red corpuscles in the blood. From the Surgical Service and Respiration Laboratory of the Peter Bent Brigham Hospital, Boston, Mass.

Bunt, J. C. 1986. Hormonal alterations due to exercise. *Sports Medicine* 3: 331- 345.

Cooper, H. 1968. A means of assessing maximal oxygen intake. *Journal of the American Medical Association*. Vol. 203, No.3

Dahlgren, A., Torbjörn, Å. & Kecklund, G. 2004. Individual differences in the diurnal cortisol response to stress. *Chronobiology international*. Vol. 21, No. 6, 913- 922

David W. 1995. Developing a supercharged battalion; physical fitness and mental toughness. Pohjoismaisen liikuntakonferenssin raportti: Fysisk yteevne – ingen operativ betydning, 28-33. Norges idrettshogskole. Oslo.

Dill, D. B. & Costill, D.L. 1974. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 37, No. 2, 247- 248

Durnin J & Womersley J. 1974. Body fat assesse from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*. 32, 77-97

Ekblom, B., Åstrand, P-O., Saltin, B., Stenberg, J. & Wallström, B. 1968. Effect of training on circulatory response to exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 24, No. 4, 518- 528

Enoka, R. M. 2002. *Neuromechanics of human movement*. Third edition. USA.

Fogelholm, M. & Oja, P. 2005. *Terveysliikuntasuosituksset*. Teoksessa: Fogelholm, M. & Vuori, I. (toim).*Terveysliikunta*. Jyväskylä: Gummerus Oy

Fry, R. W., Morton, A. R., Garcia- Webb, P. & Keast, D. 1991. Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-h period. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. Vol. 63, No. 2/4, 228-234

- Gomez- Merino, D., Chennaoui, M., Burnat, P., Drogou, C. & Quezennec, C.Y. 2003. Immune and hormonal changes following intense military training. *Military medicine*. Vol. 168
- González-Bono, E., Moya-Albiol, L., Martínez-Sanchis, S. & Salvador, A. 2002. Salivary Testosterone and Cortisol Responses to Cycle Ergometry in Basketball Players with Different Training Volume. *Journal of Psychophysiology*. Vol. 16, 158–166
- Green, H. J, Sutton, J. R., Coates, G., Ali, M. & Jones, S. 1991. Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 70, No. 4, 1810- 1815
- Guezennec, C.Y., Satabin, B., Legrand, H. & Bigard, A. X. 1994. Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. Vol. 6, No. 6, 525-530
- Guyton, A.C & Hall, J.E. 2006. *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia, Pennsylvania
- Haaja, O- P., Maavoimien kantahenkilökunnan fyysisen suorituskyvyn harjoittaminen – Nykytila ja esitykset kehittämiseksi. Diplomityö. Yleisesikuntaupseerikurssi 51. Heinäkuu 2004
- Harrison, Y. & Horne, J.A. 2000. The impact of sleep deprivation on decision making: a review. *Journal of experimental psychology*. Vol. 6, No. 3, 236- 249
- Helminen, V., Upseerien kenttäkelpoisuuden määrittäminen sodan ajan tehtäviin – kohti jatkuvaa ammatillista kasvua. Tutkielma. Esiupseerikurssi 54. Maaliskuu 2001
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. *Tutki ja kirjoita*. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Tammi
- Hoffman, J.R. 1997. The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Military Medicine*. Vol. 162, No. 7, 484-488
- Huerta, M., Itamar, G., Shemla, S., Ashkenazi, I., Shpilberg, O. & Kark, J. D. 2004. Cycle ergometry estimation of physical fitness among Israeli soldiers. *Military medicine*, Vol. 169, 217- 220

Hynynen, E. 2007. Liikunta & tiede. Vol. 44, No. 2

Häkkinen, K. & Pakarinen, A. 1993. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied. Physiology*. Vol 74, No. 2, 882- 887

Härmä, M. 1996. Ageing, physical fitness and shiftwork tolerance. *Applied Ergonomics* Vol. 27, No. 1, 25- 29

Iellamo, F., Pigozzi, F., Parisi, A., Di Salvo, V., Vago, T., Norbiato, G., Lucini, D. & Pagani, M. 2003. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*. Vol. 43, 539-545

Jouanin, J-C., Dussault, C., Pérès, M., Satabin, P., Piérard, C. & Guézennec, C. Y. 2004. Analysis of heart rate variability after a ranger training course. *Military Medicine*. Vol. 169, No. 8, 583- 587

Karjalan Prikaati, koulutussektori. Sotilaiden kuntoluokat vuonna 2007.

Karlsson, J., Nordesjö, L-O., Jorfeldt, L. & Saltin, B. 1972. Muscle lactate, ATP, and CP levels during exercise after -physical training in man. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 33, No. 2, 199- 203

Kenney, W. L. 1985. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 17, No. 4, 451- 455

Kern, W., Perras, B., Wodick, R., Fehm, H. L. & Born, J. 1995. Hormonal secretion during nighttime sleep indicating stress of daytime exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 79, No. 5, 1461- 1468

Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Helsinki: Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156.

Keskinen, K.L. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (toim.). *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

Kirwan, J. P., Costill, D. L., Flynn, M. G., Mitchell, J. B., Fink, W. J., Neufer P. D. & Houmard, J. A. 1988. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 20, No. 3, 255- 259

Knapik, J.J., Reynolds, K.L & Harman, E. 2004. Soldier load carriage: historical, physiological, bionechanical and medical aspects. *Military medicine*, 169, 1:45

Koski, H. Jalkaväen taistelutehtävien edellyttämän fyysisen suorituskyvyn vaatimukset liikunta- ja taistelukoulutukselle. Tutkielma. Esiupseerikurssi 50. Huhtikuu 1997

Koskenvuori, K., Paananen T. & Schroderus M. 1993. Kenttälääkintä. Hämeenlinna: Karisto Oy

Kosola, J. & Solanta, T. 2003. Digitaalinen taistelukenttä, informaatioajan sotakoneen tekniikka. Tekniikan laitos. Julkaisusarja 1 n:o 13. Helsinki: Edita Prima OY

Kouluttajan Opas. 2006. Helsinki: Edita Prima OY

Kraemer, W. J., Fleck, S. J., Callister, R., Shealy, M., Dudley, G. A., Maresh, C. M., Marchitelli, L., Cruthirds, C., Murray, T. & Falkel, J. E. 1989. Training responses of plasma betaendorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 21, No. 2, 146- 153

Kuntotestauksen perusteet. 1998. Liikuntalääketieteen ja testaustoiminnan edistämisyhdistys.

Kuoppasalmi, K. 1981. Effects of exercise stress on human plasma hormone levels with special reference to steroid hormones. Helsinki

Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa: Toiskallio J. (toim.). Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Vaasa: Ykkös- Offset Oy

Kyröläinen, H., Santtila, M., Hämäläinen, H., Koski, H., Mäntysaari, M. & Karinkanta, J. 2004. Pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Koulutustaidon laitos. Julkaisusarja 2 n:o 15. Helsinki: Edita Prima OY

Kyröläinen, H., Häkkinen, A., Kautiainen, H., Santtila, M., Pihlainen, K. & Häkkinen, K. 2006a. Puolustusvoimien palkatun henkilöstön fyysistä suorituskkyä mittaavan testimenetelmänviitearvoluokittelun ja kuntoindeksin validointitutkimus – Fyysisen kunnon, painoindeksin ja sairauspoissaolojen väliset yhteydet.

Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2006b. Liikuntatieteiden soveltaminen sotilaan fyysisen suorituskyyyn kehittämisessä. Teoksessa: Huhtinen, A-M. & Toiskallio, J. (toim.). Maanpuolustuskorkeakoulu- kehittyvä sotatieteellinen yliopisto. Helsinki: Edita Prima Oy

Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H., Mäntysaari, M. & Pullinen, T. 2007. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*. Original Article

Laki puolustusvoimista 11.5.2007/551. Tulostettu 7.2.2008
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070551>

Lehmann, M., Dickhuth, H. H., Gendrich, G., Lazar, W., Thum, M., Kaminski, R., Aramendi, J. F., Peterke, E., Wieland, W. & Keul, J. 1991. Training- Overtraining. A prospective, experimental study with experienced middle- and long- distance runners. *International Journal of Sports Medicine*. Vol.12, No. 5, 444- 452.

Lindholm, H., Ilmarinen, R., Rintamäki, H. & Oksa, J. 2005. Estimated and measured oxygen consumption of a soldier during a foot march. In: congress Proceedings (toim. Häkkinen K., & Kyröläinen H.) Jyväskylä, Finland, 68

Lindholm, H., Ilmarinen, R., Santtila, M., Oksa, J., Rissanen, S., Hirvonen, A., Mälkiä, E., Rusko, H., Mäntysaari, M. & Kyröläinen, H. 2007. Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa. Julkaisematon lähde. Tutkimusraportti tutkijan hallussa

Länsimies, E., Sovijärvi, A., Uusitalo, A. & Vuori, I. 1994. Kliininen fysiologia. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino OY

Maasodankäynti vuonna 2020, suomennos NATOn RTON teknisestä raportista Land Operations in the Year 2020

- Martin, B. J., Bender, P. R. & Chen, H-I. 1986. Stress hormonal response to exercise after sleep loss. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. Vol 55, No 2, 210-214
- Maso, F., Lac, G., Filaire, E., Michaux, O. & Robert, A. 2004. Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *British Journal of Sports Medicine*; 38, 260–263
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2007. *Exercise Physiology*. Baltimore. USA
- Medbo, J. I., Mohn, A- C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. & Sejerstad, O. M. 1988. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*. Vol 64, No 1, 50- 60
- Neretnieks, K. Ruotsalainen kenraali, evp. Esitelmä valtakunnallisilla sotatieteen päivillä 31.5.2006 Santahaminassa. Aineisto tutkijan hallussa.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 1989. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY
- Nummela, A. 2004. Energia- aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (toim.). *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy
- Näveri, H., Rehunen, S., Kuoppasalmi, K., Tulikoura, I. & Härkönen, M. 1978. Muscle metabolism during and after strenuous intermittent running. *Scandinavia journal of clinical and laboratory investigation*. Vol. 38, Nro. 4, 329-336
- O'Connor, P.J., Morgan, W.P., Raglin, J.S., Barksdale, C.M. & Kalin, N.H. 1989. Mood state and salivary cortisol levels following overtraining in female swimmers. *Psychoneuroendocrinology*. Vol. 14, 303–310
- O'Connor, J.S., Bahrke, M.S. & Tetu R.G. 1990. 1988 active Army physical fitness survey. *Military Medicine*. Vol. 155, No.12, 579-585

Opstad, P. K. 2005. Hormonal Responses and adaptation caused by stress and sleep deprivation in soldiers. International Congress on Soldiers' Physical Performance, May 18-22, 2005, Jyväskylä, Finland

Opstad, P. K. & Aakvaag, A. 1983. The effect of sleep deprivation on the plasma levels of hormones during prolonged physical strain and calorie deficiency. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. Vol 51, No 1, 97-107

Pflanz, S. E. & Ogle, A. D. 2006. Job Stress, Depression, Work Performance, and Perceptions of Supervisors in Military Personnel. *Military Medicine*. Vol 171, No 9, 861- 865

Pichot, V., Bourin, E., Roche, F., Garet, M., Gaspoz, J.M., Duverney, D., Antoniadis, A., Lacour, J.R. & Barthélémy, J.C. 2002. Quantification of cumulated physical fatigue at the workplace. *European Journal Physiology*. 445: 267- 272

Pääesikunnan koulutusosaston pysyväisohje PAK A 04:03:01

Pääesikunnan koulutusosaston pysyväisohje PAK C 1:8 ”Varusmiesten marssikoulutus”, PE-koul- os:n asiak 116/5.7/D/7.6.2001

Pääesikunnan henkilöstöosaston hallinnollinen määräys. 2008. Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuus ja fyysinen työkyky. Luonnos asiakirja.

Rehunen, S. & Härkönen, M. 1980. High-energy phosphate compounds in human slow-twitch and fast-twitch muscle fibres. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratio Investigation*. Vol 40, 45- 54

Remes, K., Kuoppasalmi, K. & Adlercreutz, H. 1985. Effect of physical exercise and sleep deprivation on plasma androgen levels: modifying effect of physical fitness. *International Journal of Sports Medicine*. Vol 6, No 3, 131-135

Ritvanen, T. 2006. Seasonal psychophysiological stress of teachers related to age and aerobic fitness. *Kuopion yliopiston julkaisuja D. Lääketiede*

Salín- Pascual, R.J., Ortega- Soto, H., Huerto- Delgadillo, L., Camacho- Arroyo, I., Roldán- Roldán, G. & Tamarkin, L. 1988. The effect of total sleep deprivation on plasma melatonin and cortisol in healthy human volunteers. *Sleep*. Vol. 11, No. 4, 362- 369

Saltin, B. 1964. Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. *Journal of Applied Physiology*. Vol 19, No 6, 1114- 1118

Saltin, B. & Åstrand, P-O. 1967. Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 23, No. 3, 353- 358

Salvador, A., Ricarte, J., González-Bono, E. & Moya-Albiol, L. 2001. Effects of Physical Training on Endocrine and Autonomic Response to Acute Stress. *Journal of Psychophysiology* :15, 114–121

Samel, A., Vejvoda, M. & Maaß, H. 2004. Sleep Deficit and Stress Hormones in Helicopter Pilots on 7-Day Duty for Emergency Medical Services. *Aviat Space Environ Med* 2004. Vol, 75, 935– 940

Saure, A. 1999. Hormonit ja ikääntyvä mies. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

Santtila, M. Fyysisen koulutuksen uudistamiseen vaikuttaneet tekijät varusmieskoulutuksessa. Tutkielma. Tutkinnon täydentäminen ylemmäksi korkeakoulututkinnoksi. Maaliskuu 2002

Santtila, M. 2004. PEkoul os:n opetustilaisuus LMPA:n liikuntakasvatusupseereille 18.10.2004. Urheilukoulu. Lahti

Schneider, E. C. & Havens, L. C. 1914. Changes in the blood after muscular activity and during training. *The American Journal of Physiology*. Vol 36, No 3

Seals, D.R. & Chase, B.P. 1989. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *Journal of Applied Physiology*. Vol.66, Nro.4, 1886-1895

Sharp, M.A., Patton, J.F., Knapik, J.J., Hauret, K., Mello, R.P., Ito, M. & Frykman, P.N. 2002. Comparison of the physical fitness of men and women entering the U.S. Army: 1978-1998. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 34, Nro. 2, 356-363

- Shaskey, D.J. & Green, G.A. 2000. Sports haematology. Sports Medicine. Vol. 29, No. 1, 27-38
- Symons, J. D., VanHelder, T. & Myles, W. S. 1988. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. Medicine & Science in Sports & Exercise. Vol 20, No 4, 374-380
- Taistelija 2005. Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitoksen julkaisusarja 3, No. 6. 2003.
- Tilander, H. Prikaatikenraali. Maavoimat 2000- luvulle. Alustus maavoimien joukko- osaston komentajien neuvottelupäivillä Kajaanissa 2.12.1998
- Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiigan perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy
- Tucker, L.A. 1987. Mental-health and physical-fitness. Journal of Human Movement Studies. Vol. 13, No. 6, 267-273
- Valmiusprikaatin esikunta- ja viestipataljoonan käsikirja: Viestitoiminnan suunnittelu ja johtaminen. Päesikunnan Maavoimaesikunta. 2005. Luonnos.
- VanHelder, T. & Radomski, M. 1989. Sleep deprivation and the effect on exercise performance. Sports Medicine. Vol 7, 235- 247
- Viskari, J. (toim.), Haavisto, M.L., Harinen, O., Hult, H., Karinkanta, J., Oksama, L. & Schutskoff, V. Jääkäriryhmän hyökkäystaistelun perusselvitys. Maanpuolustusopisto. Huhtikuu 1999
- Välimäki, M., Sane, T. & Dunkel, L. Endokrinologia. 2000. Duodecim, Helsinki
- Väänänen, I. 2004. Physiological responses and mood states after daily repeated prolonged exercise. Journal of Sports Science and Medicine. Vol. 3, No. 6, 1-43
- Warburton, D., Norman, G. & Quinney, A. 2000. Blood Volume, Aerobic Power, and Endurance Performance: Potential Ergogenic Effect of Volume Loading. Clinical Journal of Sport Medicine, Vol. 10, 59–66

Wassermann, K., Hansen, J. E., Sue, D.Y., Stringer, W. W. & Whipp, B. J. 2005. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia. USA

Wilmore, J. H. & Costill, D. L. 2004. Physiology of sport and exercise. Printed in Hong Kong

Winder, W. W., Hickson, R. C., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A. & McLane, J. E. 1979. Training-induced changes in hormonal and metabolic responses to submaximal exercise. Journal of Applied Physiology. Vol. 46, No. 4, 766- 771

[www. firstbeattechnologies.com](http://www.firstbeattechnologies.com). 20.1.2008

Yhtymän taisteluohjesääntö luonnos. Taktiikan laitos. Julkaisusarja 3 n:o 5/2000.

Åstrand, P-O & Saltin, B. 1964. Plasma and red cell volume after prolonged severe exercise. Journal of Applied Physiology. Vol. 19, No. 5, 829- 832

LIITTEET

LIITE 1.

POMS-testi

MA-PROFIILI

Nimi _____ pvm _____ klo _____

Alla on luettelo tunnetiloista, joita kuka tahansa voi kokea. Käy luettelo läpi ensin huolellisesti. Ympyröi sen jälkeen kunkin rivin kirjaimista YKSI eli se vaihtoehto, joka parhaiten kuvaa sitä miltä sinusta on tuntunut vii-meisimmän viikon aikana tämä päivä mukaan lukien.

A = ei lainkaan B= melko vähän C= jonkin verran D= melko paljon E = erittäin paljon

1. Jännittynyt	A B C D E
2. Masentunut	A B C D E
3. Uupunut	A B C D E
4. Hermostunut	A B C D E
5. Selväjärkinen	A B C D E
6. Hämmentynyt	A B C D E
7. Iloinen	A B C D E
8. Epävarma	A B C D E
9. Lopen uupunut	A B C D E
10. Haluton	A B C D E
11. Tuskainen	A B C D E
12. Ärtynyt	A B C D E
13. Riidanhaluinen	A B C D E
14. Kireä	A B C D E
15. Pahantuulinen	A B C D E
16. Kapinoiva	A B C D E
17. Alakuloinen	A B C D E
18. Tarmokas	A B C D E
19. Kyllästynyt	A B C D E
20. Pakokauhun vallassa	A B C D E
21. Tarkkaavainen	A B C D E
22. Raivostunut	A B C D E
23. Luottavainen	A B C D E
24. Keskeyttämiskyvytön	A B C D E
25. Väsynyt	A B C D E
26. Elinvoimainen	A B C D E